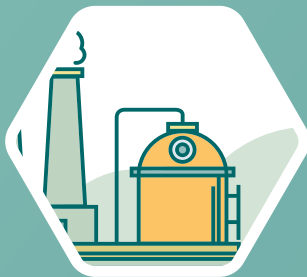




НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
«ЦЕНТР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ»



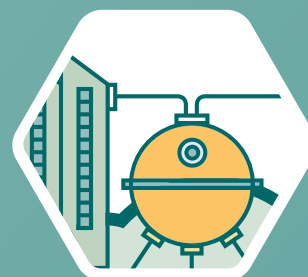
АНАЛИТИЧЕСКИЙ
ЦЕНТР УСТОЙЧИВОГО
РАЗВИТИЯ



БЮРО НАИЛУЧШИХ
ДОСТУПНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ



НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ
ЦЕНТР «ВТОРИЧНЫЕ
РЕСУРСЫ»



РЕСУРСНАЯ
И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ
ЭФФЕКТИВНОСТЬ

ЗЕЛЁНЫЕ ПРОЕКТЫ

СИТУАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2021



SHOUT
SHARE IT

ЗЕЛЁНЫЕ ПРОЕКТЫ. СИТУАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Москва
2021

УДК 504.03
ББК 30.69
3-48

Рецензенты:

В.С. Петросян, доктор химических наук, Заслуженный профессор Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Вице-президент Российской академии естественных наук, эксперт Организации Объединенных Наций по химической безопасности

А.И. Шинкевич, доктор экономических наук, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой логистики и управления Казанского национального исследовательского технологического университета, руководитель Ведущей научной школы Российской Федерации в области ресурсосбережения

Зелёные проекты / [Ред. Д. О. Скобелев]: ФГАУ «НИИ «ЦЭПП». — М.: Деловой экспресс, 2021. 160 с., ил.
ISBN 978-5-89644-147-2

Специальное издание «Зелёные проекты. Ситуационные исследования» 2021 года — это второй выпуск альманаха, подготовленного при участии ведущих российских и международных экспертов. В ситуационных исследованиях систематизирован опыт согласованного применения основных инструментов экологической промышленной политики — наилучших доступных технологий и методов вовлечения вторичных ресурсов в экономический оборот. Таким образом, зелёные проекты представляют собой полигоны для отработки принципов промышленной политики повышения ресурсной эффективности, направленной на адаптацию реального сектора экономики к энергопереходу и поддержку проектов низкоуглеродного развития в Российской Федерации.

УДК 504.03
ББК 30.69

ISBN 978-5-89644-147-2

© ФГАУ «НИИ «ЦЭПП», 2021
© Скобелев Д. О., 2021
© Оформление. АО ФИД «Деловой экспресс», 2021

Содержание

К ЧИТАТЕЛЯМ		6	
ЧАСТЬ 1			
АО «НОВОТРОИЦКИЙ ЗАВОД ХРОМОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ»	8	ПРОИЗВОДСТВО СТЕКЛА В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «МЕЩЁРА»: СИТУАЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ	62
ПРОИЗВОДСТВО ЛИСТОВОГО СТЕКЛА	12		
ООО «КРАСНОЕ ЭХО»	16	УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В БАРЕНЦЕВОМ ЕВРО-АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ	84
АО «КОВДОРСКИЙ ГОК»	20		
ПРОИЗВОДСТВО СЕРНОЙ КИСЛОТЫ	24	ПРОИЗВОДСТВО СЕРНОЙ КИСЛОТЫ	104
АО «ПЗ «ПЕРВОМАЙСКИЙ»	28	ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАВОЗА И ПОМЕТА НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	114
ПРОИЗВОДСТВО МОЛОТОГО ШЛАКА	32		
ООО ТЕХНОПАРК «РЕАЛ-ИНВЕСТ»	36	ПРОМЫШЛЕННЫЙ СИМБИОЗ ПРЕДПРИЯТИЙ Г. ЧЕРЕПОВЦА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СНИЖЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	128
ЭНЕРГОГЕНЕРАЦИЯ	40		
ЧАСТЬ 2			
ФОРМИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО СИМБИОЗА ХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ	44	ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО УЛАВЛИВАНИЮ CO ₂ ИЗ ОТХОДЯЩИХ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА	134
ЛИСТОВОЕ СТЕКЛО: ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ И В ПРОЦЕССЕ ПРИМЕНЕНИЯ	52	ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ Г. КРАСНОЯРСКА С РОСТОМ РЕСУРСОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ РАЗВИТИИ ГОРОДА	144

К читателям



Уважаемые читатели!

Я рад представить вам второй выпуск издания «Зелёные проекты. Ситуационные исследования». Эти исследования были инициированы

Министерством промышленности и торговли Российской Федерации в 2020 году. Первые результаты стали предметом обсуждения отечественных и международных экспертов, практиков, представляющих многие отрасли экономики и различные регионы.

Что это за проекты? Это избранные ситуационные исследования, выполненные в российских регионах, в которых представлен опыт согласованного применения основных инструментов экологической промышленной политики — наилучших доступных технологий и циклов веществ и энергии, позволяющих вовлекать вторичные ресурсы в экономический оборот.

Ключевой принцип прост — возникновение экологических проблем необходимо предотвращать: чем меньше потерь, чем рациональнее, рачительнее используются природные ресурсы, тем меньше средств и сил приходится тратить на так называемые решения «на конце трубы». Советские учёные ещё в 1970-е годы подчёркивали, что наилучший природоохранный эффект достигается путём совершенствования основной технологии, а не установкой дополнительных фильтров и очистных сооружений. Технологии же следует развивать, улучшать в направлении увеличения глубины и комплексности переработки сырья, более эффективного использования ресурсов, их рационального потребления, а также предусматривать возврат побочных и нежелательных результатов, именуемых отходами, в хозяйственный оборот. Таким образом, ключевой категорией экономики реального сектора становится категория ресурсной эффективности.

Уроки ситуационных исследований говорят о том, что современные технологии, разумная организация производства и активное

взаимодействие различных хозяйствующих субъектов на региональном уровне безусловно важны, но нельзя недооценивать роль регулирования, роль государственной политики развития реального сектора экономики, то есть роль промышленной политики Российской Федерации.

Зелёные проекты — это полигоны отработки инструментов промышленной политики, в том числе тех, которые направлены на адаптацию реального сектора к энергопереходу, на поддержку проектов низкоуглеродного развития. Действительно, в издании 2021 года вы найдете немало ситуационных исследований, посвященных оценке возможностей ограничения выбросов парниковых газов — как в пределах производственных площадок, так и при объединении различных объектов в промышленный симбиоз.

Желаю вам увлекательного и полезного чтения и надеюсь, что на страницах следующих изданий мы увидим результаты, полученные вашими предприятиями, университетами и научно-исследовательскими институтами.

Д. В. Мантуров,
Министр промышленности
и торговли Российской
Федерации

ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТЬ



АО «НОВОТРОИЦКИЙ
ЗАВОД ХРОМОВЫХ
СОЕДИНЕНИЙ»



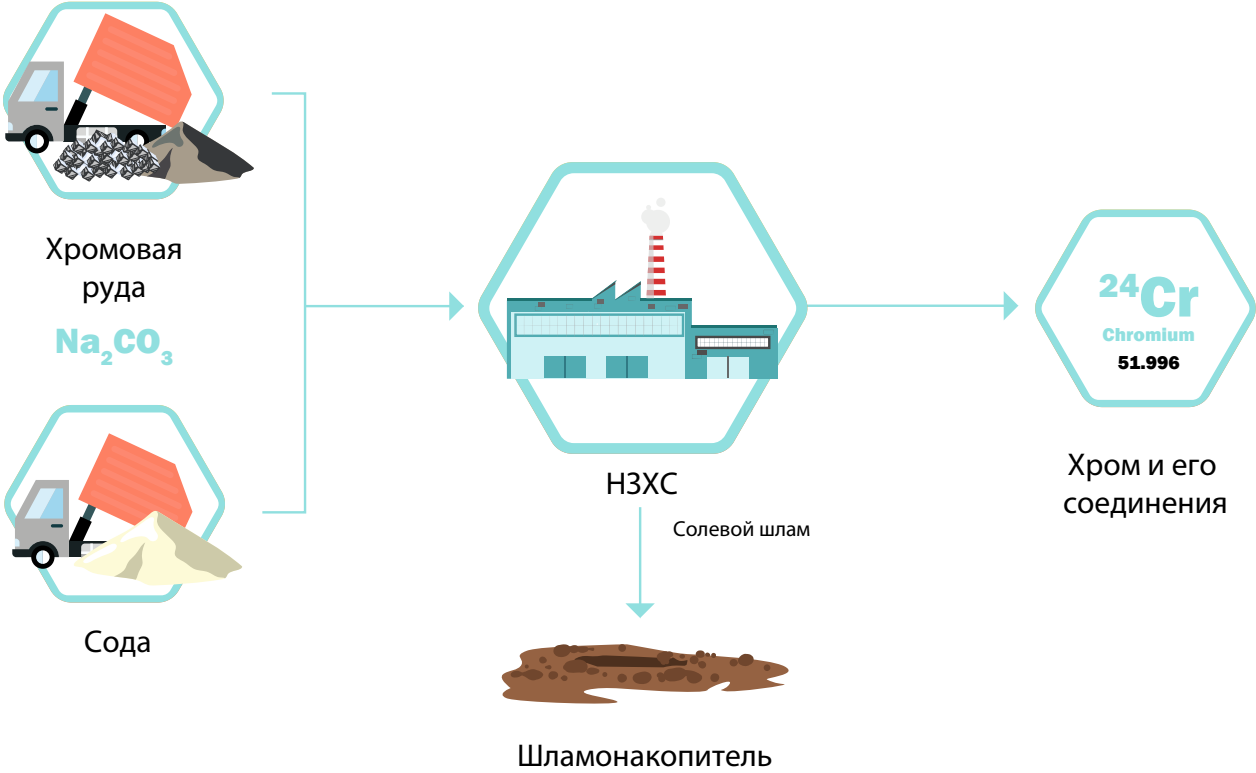
Новотроицкий завод хромовых соединений уже более 50 лет реализует полный цикл производства хрома: от переработки руды до получения чистого металла. Ключевым этапом производственной цепочки является получение монокромата натрия, поскольку его раствор — основа широкой линейки хромосодержащих товарных продуктов.

При переработке хромовых руд в производстве хромовых соединений в качестве отходов

образуется шлам солей натрия. Основная часть шлама подлежала захоронению в шламонакопителе, так как еще несколько лет назад в России не были распространены технологии переработки таких отходов.

В 2014 году завод провел масштабную модернизацию производства, что стало основой промышленного узла в г. Новотроицке. Предприятия различных отраслей, выпускающие известь, гипс

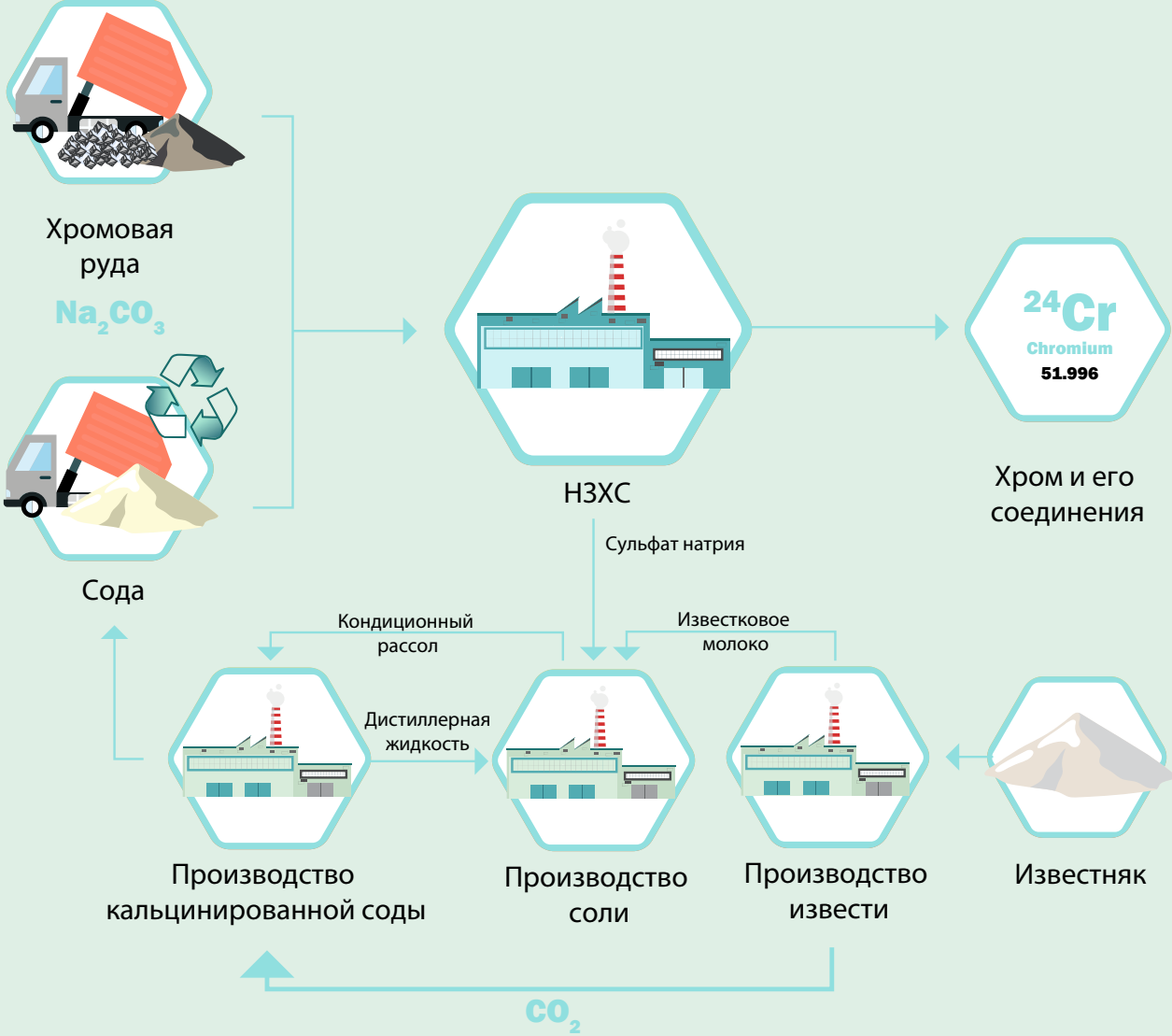
2014



и кальцинированную соду, стали компонентами единой промышленно-экологической системы. Новотроицкий завод хромовых соединений выступает теперь в качестве поставщика сырья (сульфата натрия) и основного потребителя готовой продукции — кальцинированной соды, производство которой организовано на вновь созданном содовом заводе.

Таким образом, стратегическое планирование и организация различных производств с вовлечением вторичных ресурсов в экономический оборот, исключением образования новых отходов позволяют не только реализовывать принципы экономики замкнутого цикла, но и одновременно снижать негативное воздействие на окружающую среду.

2019





МОСКВА



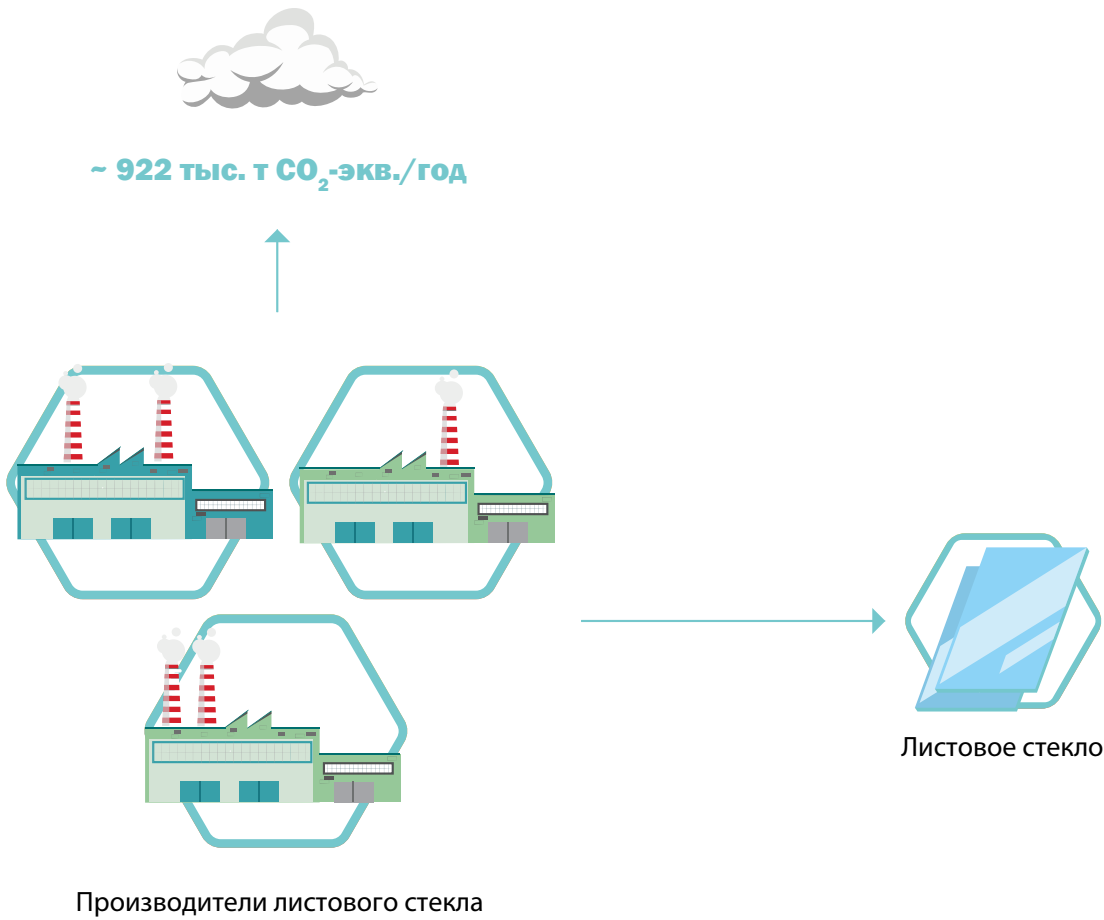
ПРОИЗВОДСТВО
ЛИСТОВОГО СТЕКЛА

Наш мир был бы совершенно иным без стекла и новых технологий, позволяющих взглянуть на его применение под другим углом. Говорят, что мы живем в «стеклянном веке».

Возможности стекла значительно расширяются путем придания ему различной тепло- и светопрозрачности, применения различных методов его окраски и декорирования. В последнее время в массе выпускаемого материала значительно возрастает доля функционального стекла. Связано это с тем, что обычное стекло не отвечает современным требованиям к теплосбережению, механической прочности и т.д.

При общей тенденции к увеличению площади остекления фасадов современных зданий и сооружений вопросы энергоэффективности становятся ключевыми, и применение энергосберегающих низкоэмиссионных и солнцезащитных стекол, обеспечивающих значительное снижение теплопотерь и расходов на отопление и кондиционирование помещений, становится особенно актуальным. Современные технологии производства архитектурного стекла, применяемые в настоящее время, позволяют строить полностью стеклянные оболочки и не бояться промерзания и образования конденсата в холодное время года и тепличной духоты летом — сегодня стекло может эффективно решать эти задачи.

ПРОИЗВОДСТВО



В Российской Федерации функционируют 11 заводов, выпускающих листовое стекло. Это предприятия ведущих международных компаний.

Одной из самых важных инноваций в стекольной промышленности стала разработка процесса производства флоат-стекла, основной принцип которого заключается в формовании расплавленной стекломассы на поверхности расплавленного олова под действием сил поверхностного натяжения.

В макроэкономическом аспекте производство стекла с низкоэмиссионным покрытием играет важную роль в снижении выбросов CO₂. Расчеты для ведущих мировых производителей стекла показывают, что сокращение выбросов при использовании низкоэмиссионных стекол в энергосберегающем остеклении жилых и общественных зданий многократно перекрывает углеродный след продукции (выбросы парниковых газов при производстве и транспортировке стекла).

ГОРОД





ВЛАДИМИРСКАЯ ОБЛАСТЬ



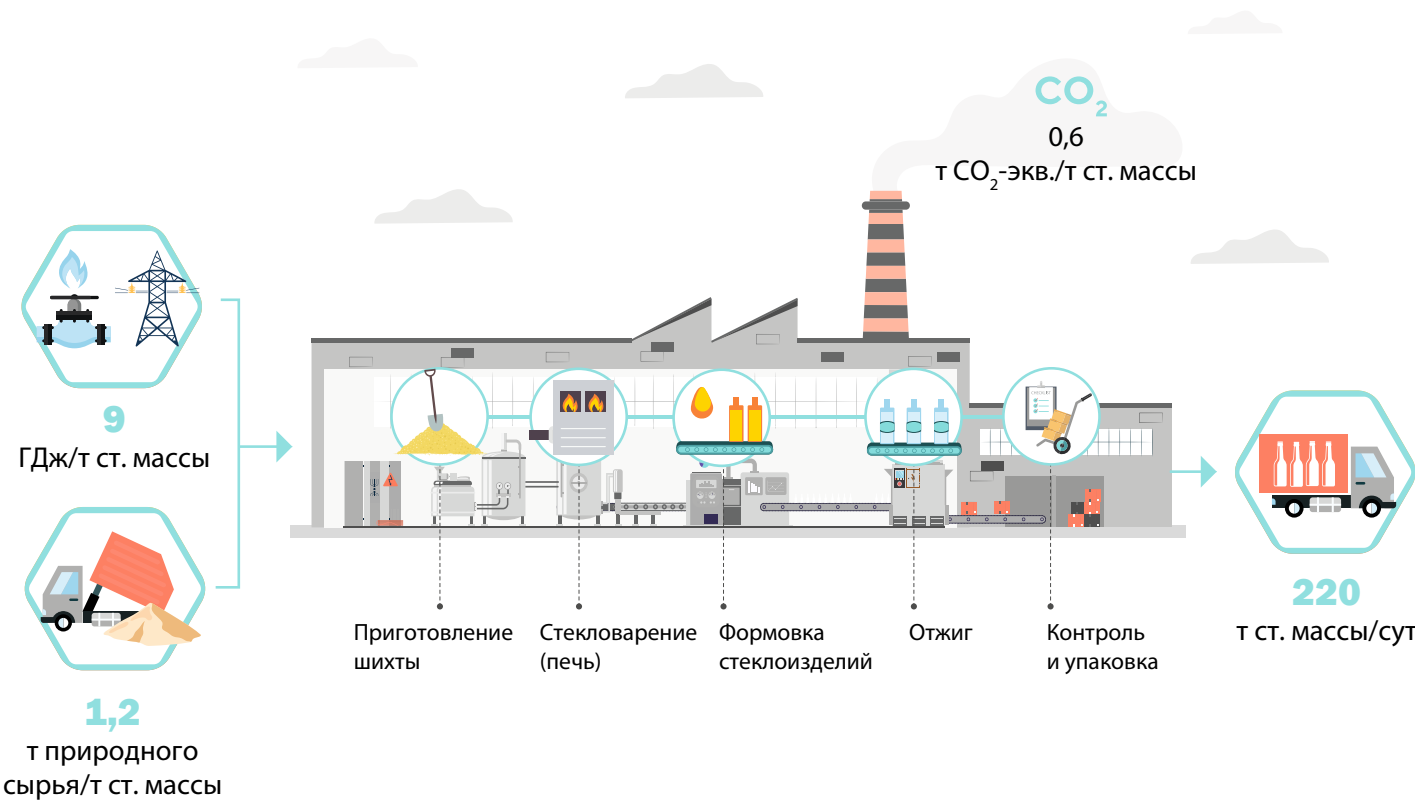
ООО «КРАСНОЕ ЭХО»

Производственные площадки ООО «Красное Эхо» уже более 150 лет функционируют на территории стекольного края — Гусь-Хрустального района Владимирской области.

Уршельская площадка расположена в столице особо охраняемой природной территории — национального парка «Мещёра». Это та самая

неповторимая Мещёра, леса, озера и реки которой воспеты знаменитыми поэтами, писателями и художниками. Может быть, поэтому цель устойчивого развития ЦУР 12 «Ответственное потребление и производство» воспринимается здесь как чрезвычайно важная и обязательная для достижения.

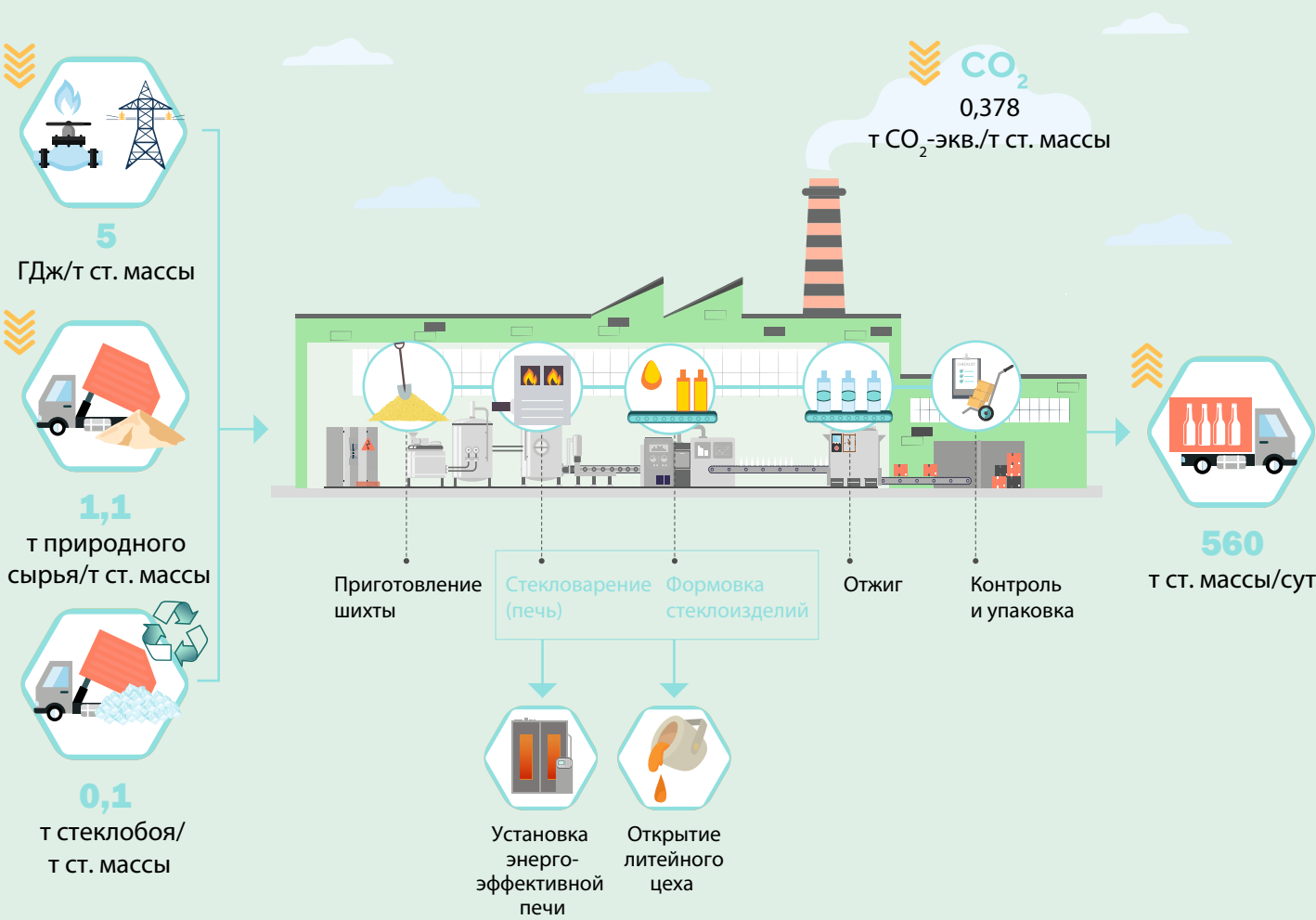
2013



В результате масштабной реконструкции стекольного производства в Уршеле установлены две современные стекловаренные печи, а устаревшие стеклоформующие автоматы заменены на новые, работающие в двух- и трехкапельном режимах. На предприятии организовано собственное производство формокомплектов, оснащенное новейшим оборудованием.

К 2019–2020 гг. ООО «Красное Эхо» не только достигнуты высокие показатели ресурсной и экологической эффективности производства, но и значительно снижены удельные выбросы парниковых газов (до уровня 378 кг CO₂-экв./т стекломассы). Предприятие полностью соответствует требованиям наилучших доступных технологий и ищет возможности дальнейшего снижения выбросов парниковых газов.

2021





МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ



АО «КОВДОРСКИЙ ГОК»

Одно из ведущих предприятий Северо-Западного региона России — это Ковдорский горнообогатительный комбинат, который входит в состав минерально-химической компании «ЕвроХим». Комбинат осуществляет комплексную переработку минерального сырья с использованием малоотходных технологий и производство трех товарных концентратов: железорудного, апатитового

(минерала класса фосфатов) и бадделеитового, содержащего диоксид циркония.

В 2015–2018 гг. МХК «ЕвроХим» инвестировала 6,8 млрд руб. в новый комплекс по переработке апатит-штаффелитовых руд, который рассчитан на производство 948 тыс. т апатитового и 130 тыс. т железорудного концентратов в год.

2013



В целях снижения антропогенной нагрузки производственных объектов на окружающую среду предусмотрен ряд технических решений по пылеподавлению и герметизации мест перегрузки руды, оптимизации водопотребления и системы обращения с отходами.

Результатом проведения эколого-технологической модернизации предприятия в 2014–2020 гг. стало увеличение объема выпускаемой продукции при одновременном снижении негативного воздействия на окружающую среду.

2015



ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ



ПРОИЗВОДСТВО
СЕРНОЙ КИСЛОТЫ



Серная кислота является стратегическим химическим продуктом, объемы производства которого определяют состояние химической промышленности и развитие экономики государства в целом.

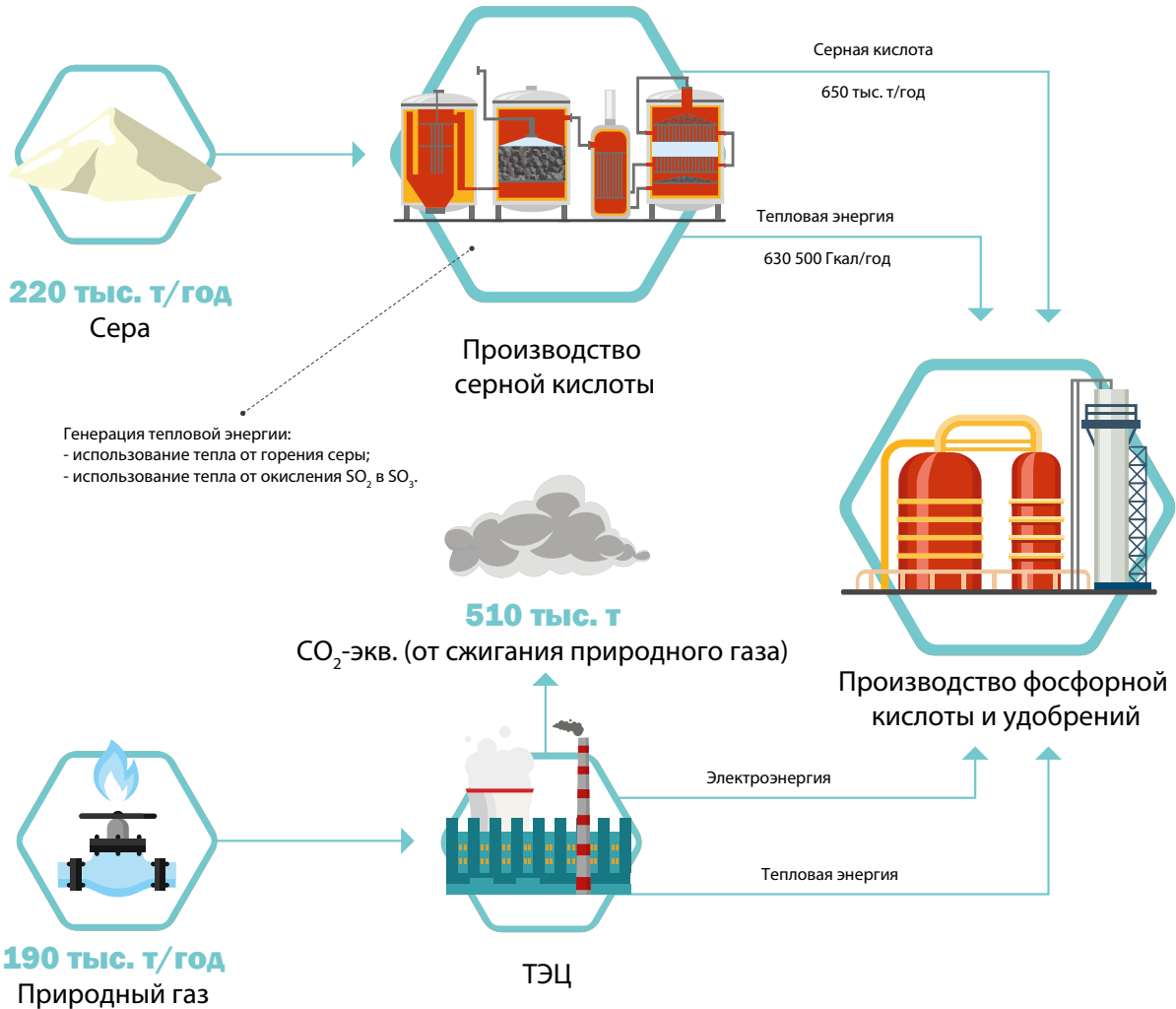
Основное количество серной кислоты в РФ используется в производстве минеральных удобрений (порядка 80%). При этом следует отметить, что серная кислота выступает и как химический агент (при производстве фосфорной кислоты путем сернокислого разложения фосфатных руд), и как

непосредственно компонент удобрений (источник серы в сульфатной форме).

Различия используемых технологий состоят в организации процесса каталитического окисления SO_2 в SO_3 и в степени утилизации тепла химических реакций.

Повышение энергоэффективности сернокислотных систем состоит в максимальном использовании тепла химических реакций, протекающих в процессе производства серной кислоты, в частности тепла абсорбции, на долю которого

2021



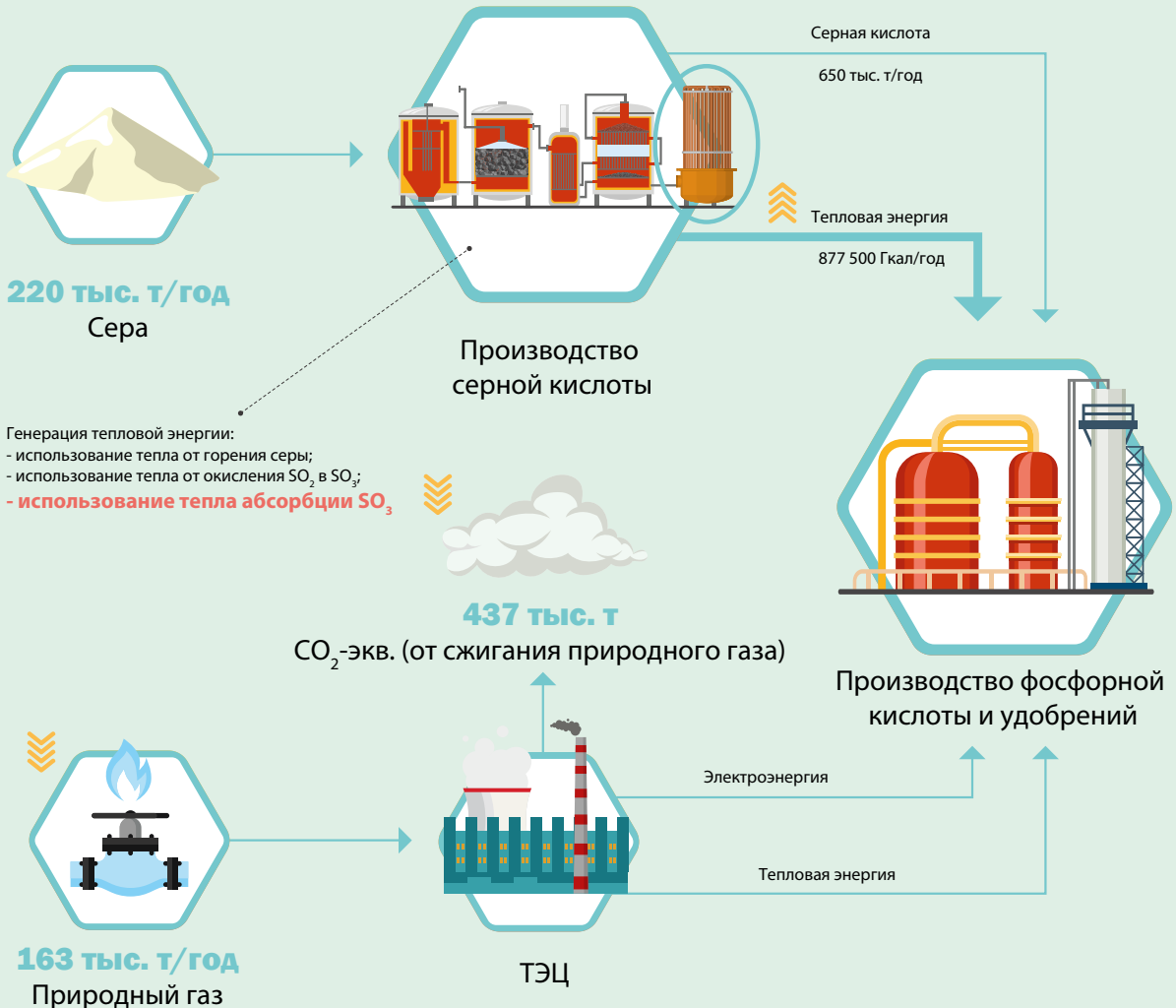
приходится 30–40% от общего количества тепла, получаемого в системе. Утилизацию тепла абсорбции осуществляют в цикле первого моногидратного абсорбера, где выделяется основная доля тепла абсорбции и есть возможность поднять температуру кислоты.

Использование тепла абсорбции на производстве позволит снизить расход электроэнергии на технологию за счет снижения расхода оборотной воды; использовать тепло на отопление и другие нужды без выброса парникового газа (CO_2). Тепло абсорбции

можно использовать как на подогрев теплофикационной воды до температуры 90–95 °С, так и на получение пара давлением 0,6–0,8 МПа.

Таким образом, внедрение системы утилизации тепла абсорбции способствует увеличению выработки пара, снижению расхода электроэнергии на водооборотный цикл, снижению удельной нормы по оборотной воде, снижению объемов закупаемой электроэнергии и потребляемого природного газа и соответственно снижению выбросов парниковых газов.

2025



ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ



АО «ПЗ «ПЕРВОМАЙСКИЙ»



Племенной завод «Первомайский» берет свое начало в 1940-х годах. В это время на земли Пюхьярвского сельского совета — ныне Плодовского сельского поселения — приехали переселенцы из Орловской, Калининской, Киевской областей. Были организованы сельхозартели, а в послевоенные годы — колхоз имени Кирова и совхоз «Первомайский». Со временем перечисленные сельхозпредприятия объединялись, укрупнялись, и в итоге на территории Отрадненского сельского поселения был организован один крупный совхоз по выращиванию овощей и производству яиц, молока и мяса — совхоз «Первомайский».

На сегодняшний день АО «Племенной завод «Первомайский» является одним из крупнейших для СЗФО предприятий по выращиванию крупного рогатого скота с общим поголовьем 1960 голов, из которых 1000 фуражных коров с надоем молока свыше 8300 т в год на одну фуражную корову. Ежегодно на территории предприятия образуется 51 600 т навоза, средняя влажность которого составляет 92%. Наиболее перспективными технологиями переработки навоза КРС являются: 1) длительное выдерживание и внесение жидкого органического удобрения; 2) разделение навоза на фракции с последующей переработкой твердой фракции методом компостирования

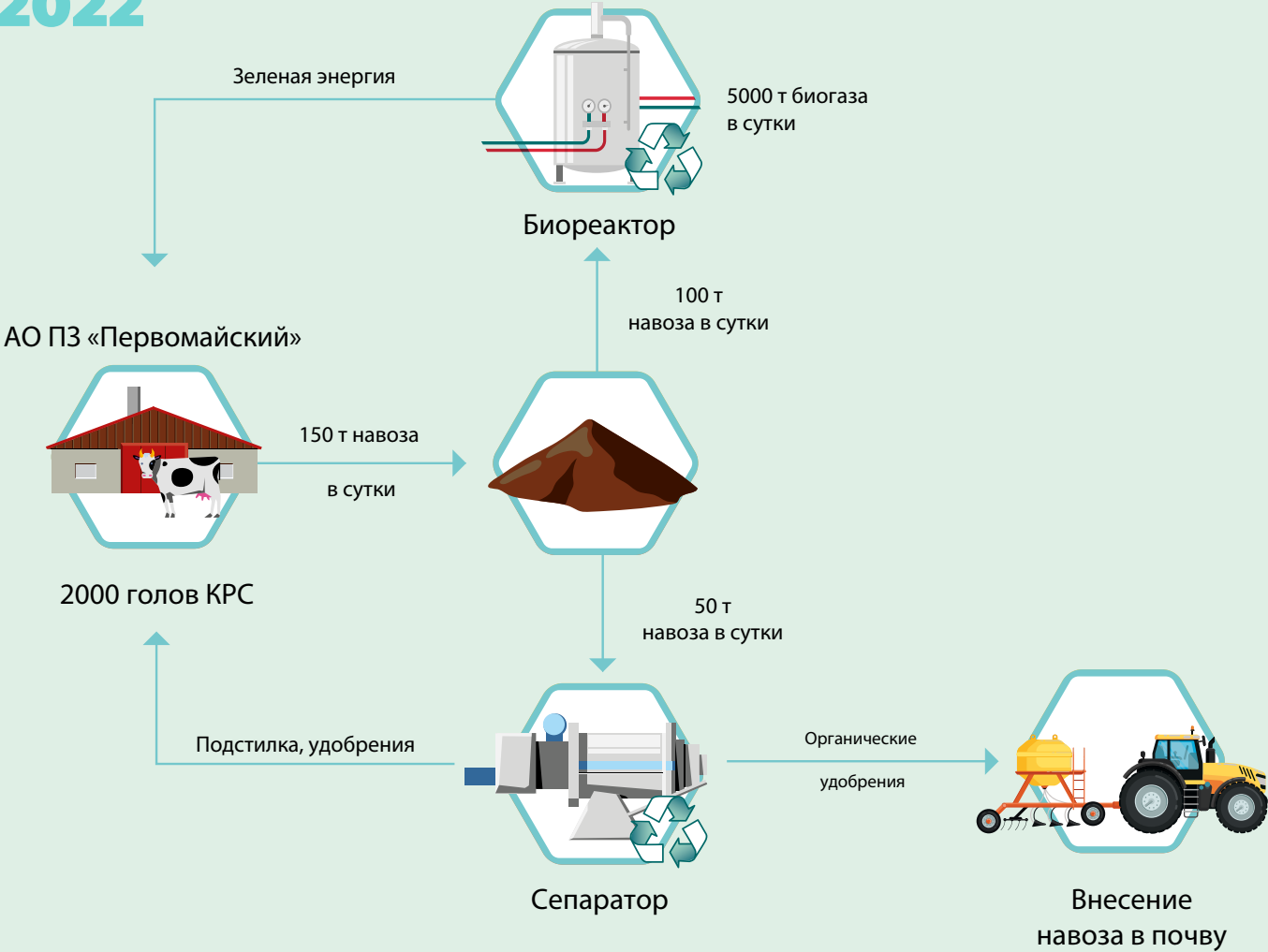
2019



и длительным выдерживанием жидкой фракции и внесением жидкого и твердого органического удобрения; 3) разделение навоза на фракции с последующей переработкой твердой фракции методом биоферментации и длительным выдерживанием жидкой фракции и внесением жидкого и твердого органического удобрения; 4) анаэробная обработка с генерацией электричества и тепла (биогазовое производство) и внесение жидкого и/или твердого органического удобрения. Был принят третий вариант для адаптации и внедрения в пилотном хозяйстве. В результате внедрения технологического процесса

подготовки исходного сырья на предприятии после разделения жидкая фракция составляет 37 500 т/год, твердая — 14 100 т/год. Дополнительно на территории АО ПЗ «Первомайский» установлена биогазовая установка мощностью 140 кВт. Таким образом, при внедрении технологического процесса подготовки исходного сырья на предприятии получают органические удобрения и подстилку для содержания КРС, а также электроэнергию, которые используются для собственной деятельности хозяйствующего субъекта, связанной с реализацией сельскохозяйственной продукции.

2022





ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ



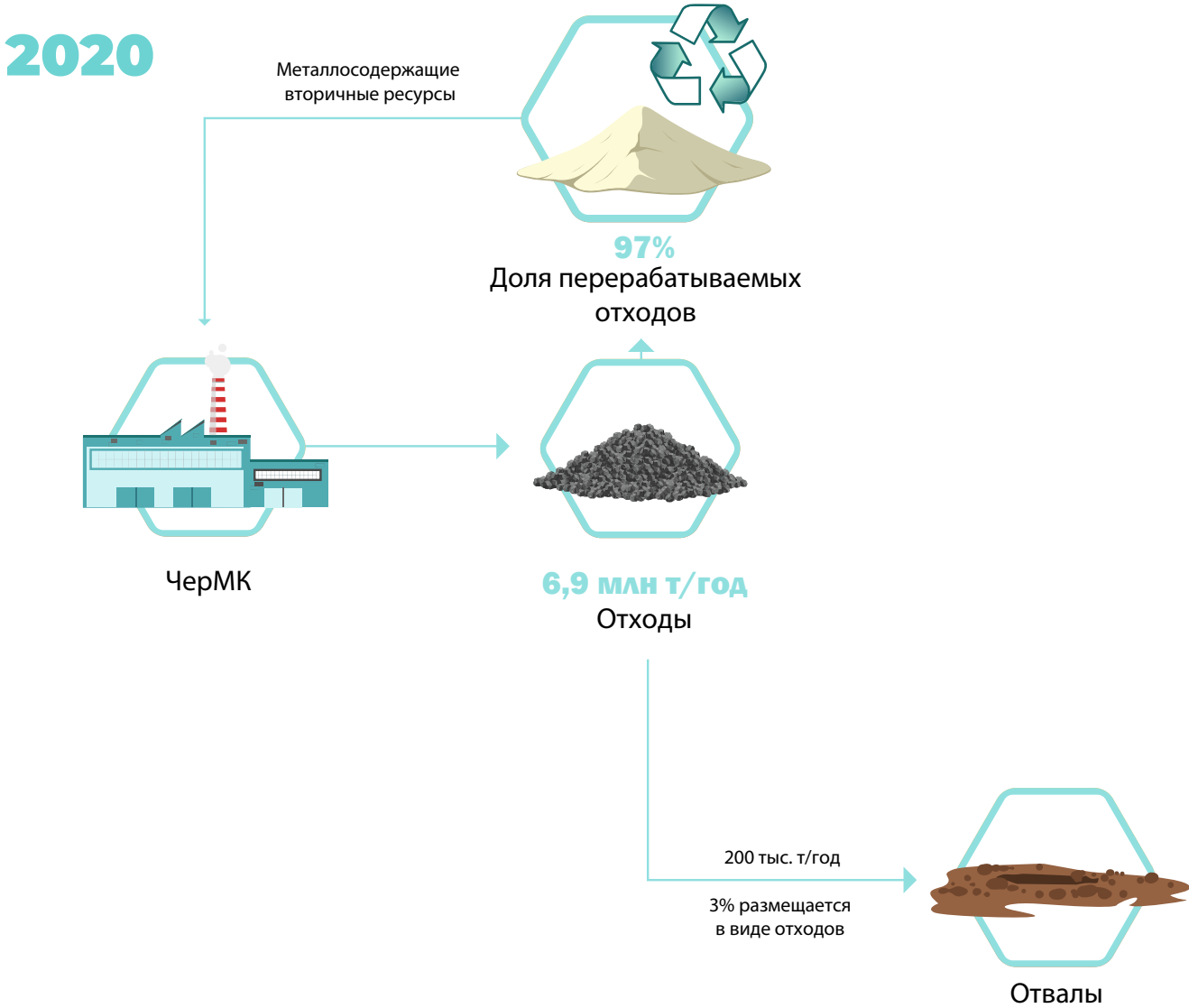
ПРОИЗВОДСТВО
МОЛОТОГО ШЛАКА

Череповецкий металлургический комбинат ПАО «Северсталь» (ЧерМК) находится в одноименном городе Вологодской области. Предприятие имеет полный металлургический цикл, включая коксохимическое, агломерационное, доменное, сталеплавильное и прокатное производства. Является вторым по величине сталелитейным комбинатом в России.

Первая плавка металла выдана предприятием в 1955 году. За все время работы было выплавлено более 400 млн т стали и произведено более 2,5 млн

километров проката. Ежегодно на ЧерМК образуется до 6,9 млн т различных отходов. В золоотвале накоплено 14 млн т золошлаковых отходов.

Комбинат является одним из лидеров отрасли в части переработки отходов производства. Сейчас показатель переработки составляет 97%, уровень лучших мировых практик — 98,5%. Рядом с промплощадкой реализуется пилотный проект создания завода по производству молотого доменного металлургического шлака с годовой мощностью 70 тыс. т (1-я очередь) и последующим расширением до 200 тыс. т.

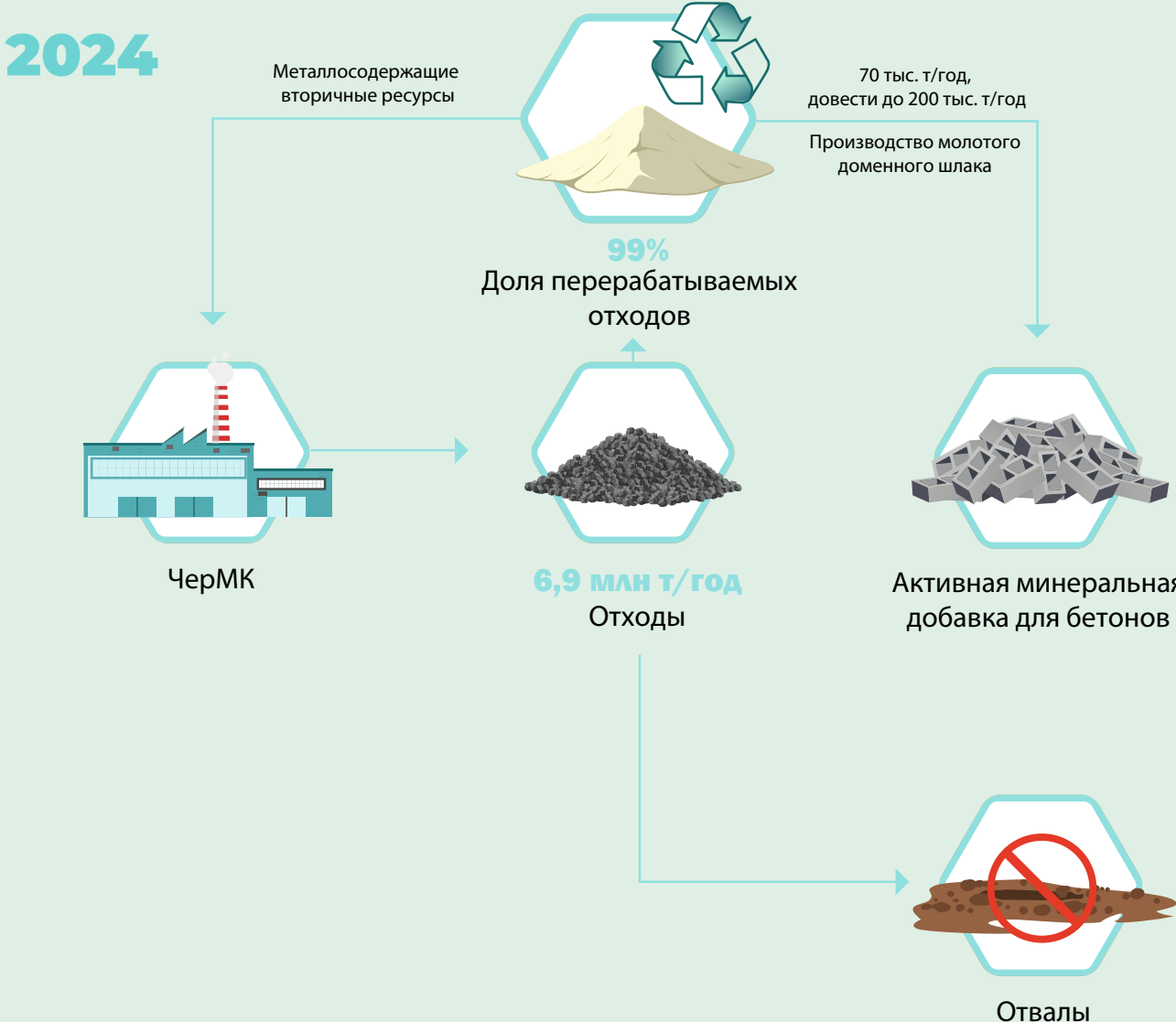


Молотый шлак является микрозаполнителем, способствующим улучшению структуры бетона, улучшающим поверхность изделий и повышающим долговечность. Особо эффективен при сооружении ответственных фундаментов, поскольку снижает температурные напряжения при формировании бетона.

Замещение цемента молотым шлаком приводит к соразмерному снижению потребления цемента, а следовательно, и к соответствующему сокращению

выбросов цементных заводов, затрат энергии на производство цемента, к уменьшению негативного воздействия на окружающую среду при добыче сырья и энергоресурсов.

При производстве одной тонны цемента в атмосферу выбрасывается около одной тонны диоксида углерода (углекислого газа). В результате запуска производства молотого шлака может быть обеспечено до 30% достижения целей по декарбонизации, стоящих перед ЧерМК до 2023 года.





НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ



ООО ТЕХНОПАРК «РЕАЛ-ИНВЕСТ»

Технопарк «Реал-Инвест» — площадка для реализации инвестиционных проектов. В 2019 году на площадке 165 га в рабочем поселке Гидроторф Балахнинского района Нижегородской области был создан первый российский завод, не имеющий аналогов в России, по улавливанию и очистке дымоварных газов от сжигания природного газа в энергоцентре на базе газопоршневых установок мощностью 22 МВт (с возможностью расширения до 40 Мвт) и производства востребованной продукции из парниковых

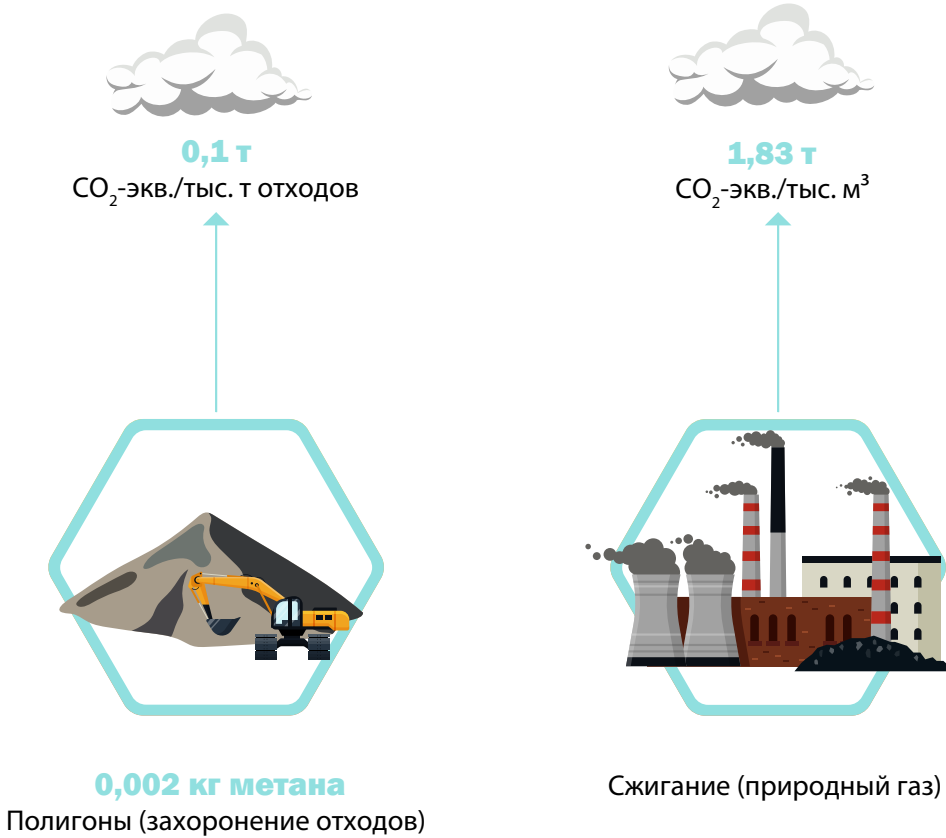
газов — жидкой углекислоты и «сухого льда». Качество получаемой углекислоты подтверждено международным сертификатом FCSS 2200 системы менеджмента безопасности пищевых продуктов. Также на территории ЭТП «Реал-Инвест» размещается завод по переработке полимерных отходов (ПЭТ-тары и полистирола). С 2018 года осуществляется переработка отходов ПЭТ-тары от сортировочных комплексов ТКО с получением востребованного продукта — ПЭТ-флекс (хлопьев). А в 2020 году запущена линия по переработке

(рециклингу) ПЭТ во вторичное полимерное сырье. Достигнутые объемы производства беспечивают переработку ПЭТ-тары, образующейся как отходы в Нижегородской и прилегающих областях. Автономный энергоцентр — комплекс три-генерации, позволяющий использовать всю продукцию (электричество, тепло и дымовые газы) практически без ущерба для окружающей среды. Мощности энергоцентра хватит, чтобы обеспечить электрической и тепловой энергией все прилегающие объекты экотехнопарка.

Экотехнопарк «Реал-Инвест» соответствует принципам экономики замкнутого цикла:

- ресурсосбережение;
- увеличение ресурсоэффективности промышленных предприятий;
- сокращение образования отходов, выбросов и сбросов загрязняющих веществ (особое внимание уделяется парниковым газам);
- промышленный симбиоз (обмен ресурсами).

2018



2021





КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ



ЭНЕРГОГЕНЕРАЦИЯ

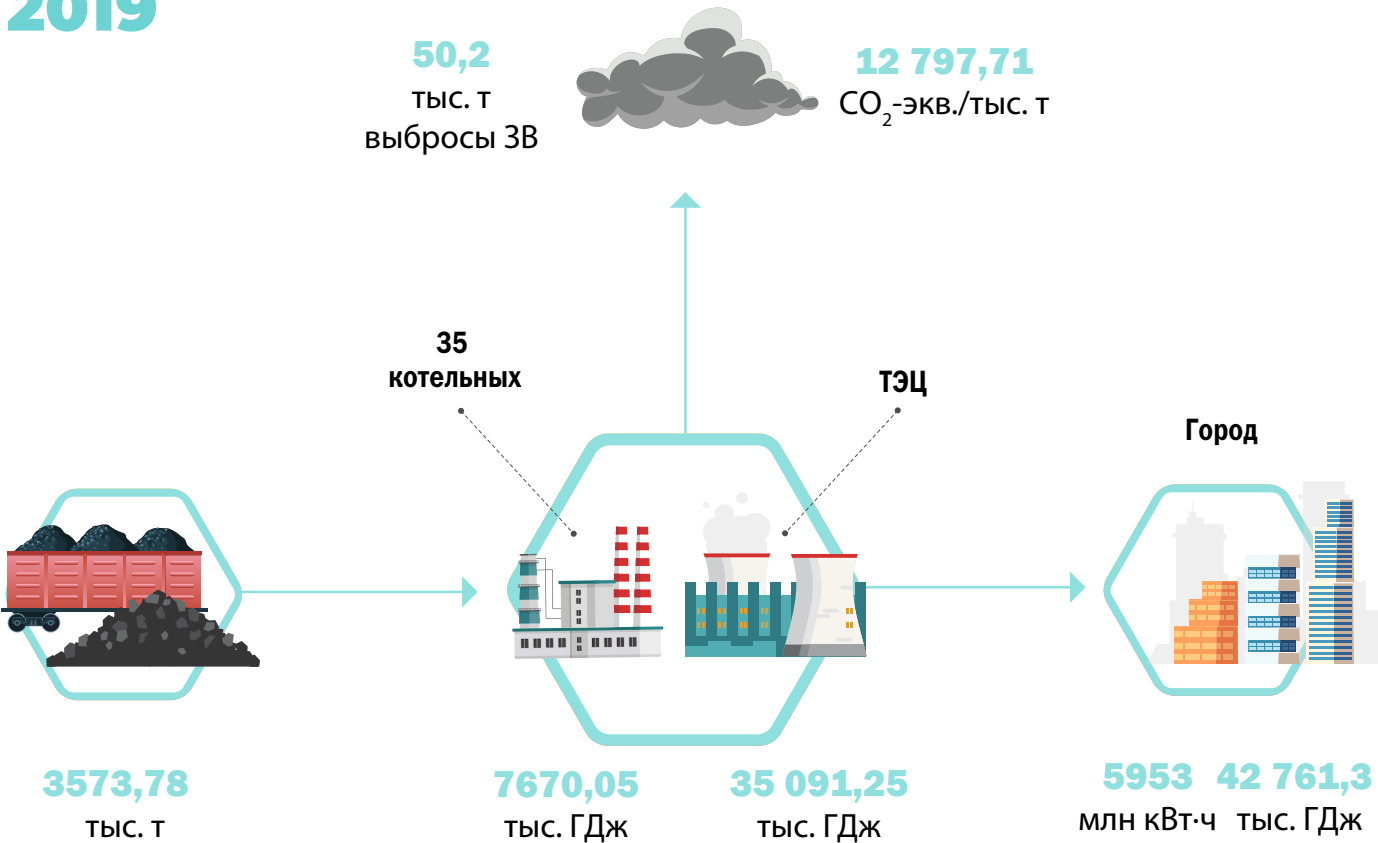
Красноярск — большой промышленный мегаполис, согласно данным Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году», входил в список городов с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха. В июле 2021 года индекс качества воздуха в городе снова занял первую строчку рейтинга.

Анализ характера загрязнений показал, что основными источниками выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) являются Красноярский алюминиевый завод, теплоэлектроцентрали, угольные котельные.

Центральным пунктом «Комплексного плана мероприятий по снижению выбросов ЗВ в атмосферный воздух в г. Красноярске» является сокращение выбросов на предприятиях теплоэнергетики на 21 000 т.

Комплекс мероприятий по уменьшению загрязнений атмосферы учитывает возможность более эффективной очистки выбросов ТЭЦ в сравнении с угольными котельными и предусматривает следующее.

2019

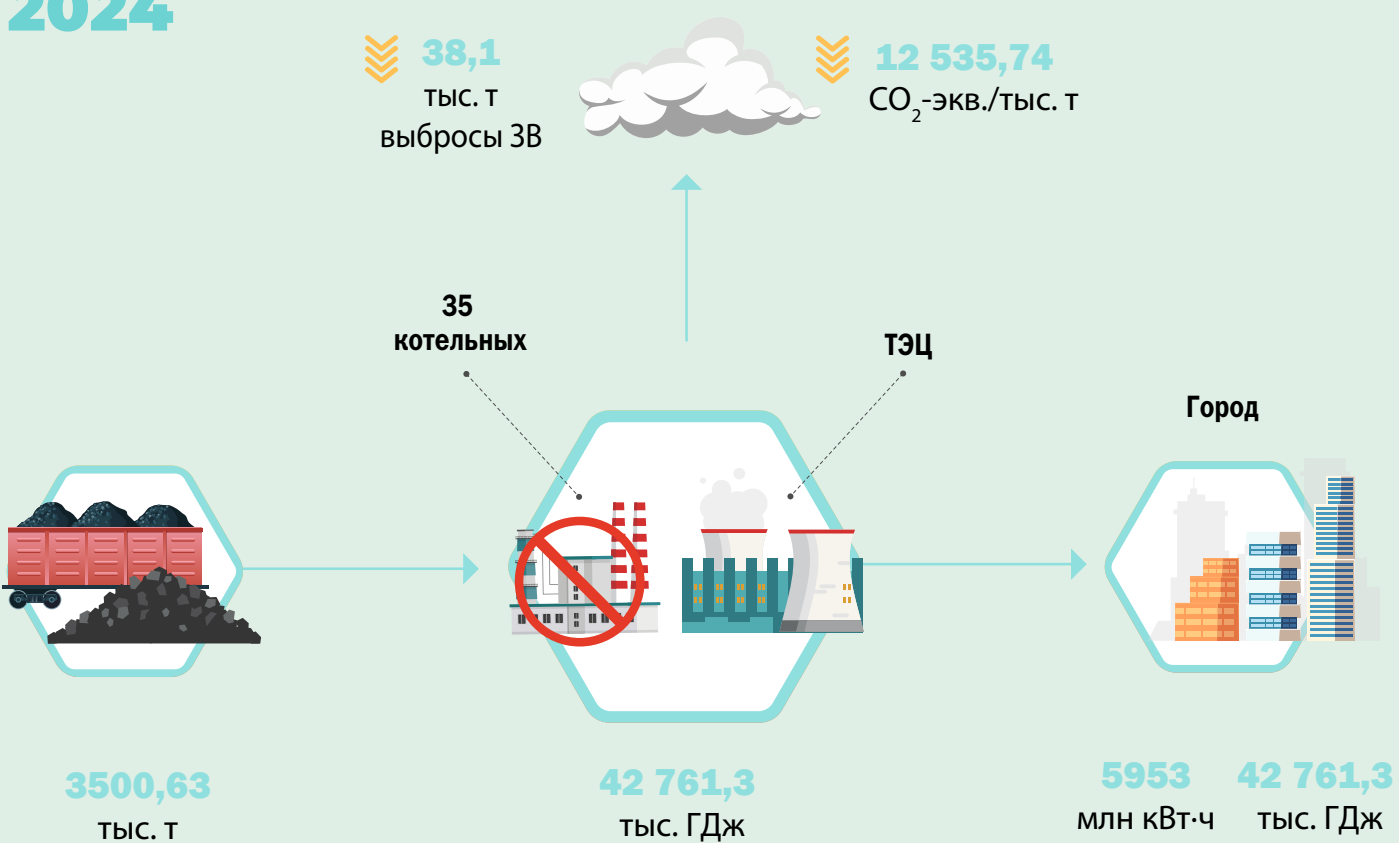


- ▶ **Замещение 35 малоэффективных угольных котельных** с общей тепловой нагрузкой около 600 Гкал/час с перераспределением нагрузки на ТЭЦ.
- ▶ **Модернизация ТЭЦ-1** включает замену трех дымовых труб малой высоты одной высотой 275 метров и установку 14 электрофильтров, что позволит снизить концентрацию твердых частиц в отходящих дымовых газах со средних 600 мг/м³ до 50 мг/м³, а также улучшить рассеивание ЗВ.
- ▶ **Создание дополнительных мощностей на ТЭЦ-3 и модернизация тепловых сетей** позволит выровнять баланс по тепловой нагрузке.

Таким образом, реализация проектов:

- ▶ приведет к снижению выбросов ЗВ на 12 100 т/год;
- ▶ снизит концентрацию ЗВ в приземном слое в центре города;
- ▶ закладывает основу для применения ресурсосберегающих мероприятий из области наилучших доступных технологий при практической реализации уменьшения загрязнений атмосферы г. Красноярска от наиболее опасных ЗВ.

2024



УДК 504.03

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО СИМБИОЗА ХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ



А. С. Епифанцев

АО «Новотроицкий завод хромовых соединений»

Ю. М. Аверочкин

главный научный сотрудник научно-консультационного отдела ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»,
К. Т. Н.

А. А. Фирер

доцент, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

К. А. Щелчков

заместитель начальника научно-консультационного отдела ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»

По материалам статьи:

Петросян В. и др. Опыт создания промышленного симбиоза предприятий химической промышленности // Экология и промышленность России. 2021;25(8):28-33.

ВВЕДЕНИЕ

Формирование экономики замкнутого цикла (ЭЗЦ), часто называемой циклической, становится в настоящее время характерной чертой экологической промышленной политики в индустриально развитых странах.

В промышленных симбиозах функционируют и взаимодействуют между собой предприятия разных отраслей промышленности, представленные как компоненты единой промышленно-экологической (технико-экономической) системы [2, 3–7]. Принципы ЭЗЦ начинают получать отражение и в технологическом регулировании негативного

воздействия на окружающую среду (НВОС), основанном на концепции наилучших доступных технологий (НДТ).

Целью данной работы является анализ эколого-технологических решений формирования промышленного симбиоза химических предприятий, основанных на принципах ЭЗЦ, одновременно с учетом рекомендаций НДТ как совокупности технологических, технических и управленческих решений, направленных на обеспечение высокой ресурсной и экологической эффективности производства.

Характеристика существующего промышленного узла

Расположенный в г. Новотроицке Оренбургской области Новотроицкий завод хромовых соединений (НЗХС) уже более 50 лет реализует полный цикл производства хрома: от переработки руды до получения чистого металла. Ключевым этапом производственной цепочки является получение монокромата натрия, поскольку его раствор — основа широкой линейки хромсодержащих товарных продуктов: бихромата натрия, оксида хрома, ангидрида хромовой кислоты, пигментов. Укрупненно производственный процесс состоит из следующих этапов:

- ▶ подготовка природного ресурса (доломит и хромовая руда), сушка, классификация и измельчение;
- ▶ составление шихты (с добавлением кальцинированной соды);
- ▶ окислительная прокатка;
- ▶ выщелачивание;
- ▶ отделение монокромата натрия от шлама.

При переработке хромовых руд в производстве хромовых соединений в качестве отходов образуется шлам солей натрия; на НЗХС удельное количество отходов составляло 2,5 т шлама на 1 т монокромата натрия. Основная часть шлама подлежала захоронению в шламонакопителе (рис. 1), поскольку еще несколько лет назад в РФ не существовало технологий переработки таких отходов, реализованных в промышленных масштабах.

В 2014 г. АО «НЗХС» провело масштабную модернизацию производства, перейдя на бездоломитную технологию получения монокромата натрия,

которая подразумевает отказ от инертного наполнителя за счет повторного использования нерудного остатка. Реализованные технологические решения позволили повысить энергоэффективность производства, исключив потребление энергии на сушку и дробление доломита, и ресурсоэффективность — за счет отсутствия необходимости использования в производстве кальцийсодержащих полезных ископаемых доломита и известняка (до 160 тысяч т/год) и повышения степени извлечения хрома из руды. Удельное количество образующихся отходов снизилось при этом до 1,1 т шлама на 1 т монокромата натрия [8].



Рис. 1. Карта-схема расположения предприятий и шламонакопителя в г. Новотроицке

Следующим этапом развития промышленного узла стало создание (проектирование и запуск) ООО «Новотроицкий содовый завод» (ООО «НСЗ») с целью обеспечения производства хромовых соединений АО «НЗХС» кальцинированной содой — основным компонентом шихты в процессе производства монокромата натрия, а также комплексной переработки сульфата натрия — сопутствующего продукта производства хромовых соединений, спрос на который снижается.

Последовательность проектирования технологий промышленного узла представлена на рис. 2.

Производство кальцинированной соды — одно из хорошо развитых направлений российской промышленности. Масштабы производства различных видов соды в РФ непрерывно растут; по данным Федеральной службы государственной статистики, в 2019 г. в стране было выпущено 3,32 млн т кальцинированной соды [9].

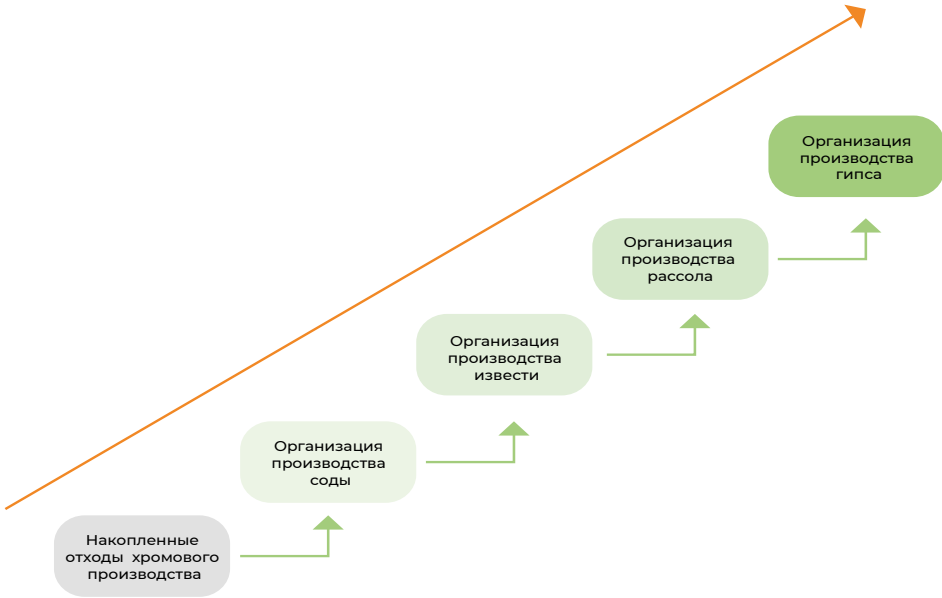


Рис. 2. Этапы проектирования и создания Новотроицкого промышленного узла

Внедрение модернизированной технологии производства кальцинированной соды

Традиционный способ производства выпускаемой в России кальцинированной соды — аммиачный метод (метод Сольве), основанный на образовании малорастворимого в воде гидрокарбоната натрия NaHCO_3 путем растворения аммиака в очищенном растворе хлорида натрия, насыщенном

диоксидом углерода. Главные недостатки данного способа — низкая эффективность использования исходного ресурса (1,6 т хлорида натрия на 1 т кальцинированной соды [10]) и образование в значительных количествах шлама содового производства при отстаивании дистиллерной

жидкости в отстойниках-шламонакопителях. На двух действующих в РФ предприятиях по производству соды аммиачным способом накоплено более 50 млн т шлама, основным компонентом которого является хлорид кальция [11]. Однако на ООО «НСЗ» реализована модернизированная технология производства кальцинированной соды (100 тыс. т/год в пересчете на 100% Na_2CO_3), которая использует сопутствующие продукты производства хромовых соединений в качестве вторичных материальных ресурсов в промышленном производстве, что является одним из базовых принципов ЭЗЦ. Еще одна особенность данной технологии состоит в том, что раствор гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в блоке производства рассола не используется.

Блок-схема модернизированной технологии производства кальцинированной соды представлена на рис. 3. Рассмотрим технологические процессы, реализованные на площадке ООО «НСЗ», с точки зрения ресурсной и экологической эффективности производства. В качестве ресурса для получения кальцинированной соды применяют кондиционный рассол, известь и диоксид углерода. Кондиционный рассол получают в отделении производства рассола, а известь и диоксид углерода — в производстве извести. Дистиллерная жидкость, образующаяся после регенерации аммиака, и недопал от гашения извести рассматриваются не как отходы, но как

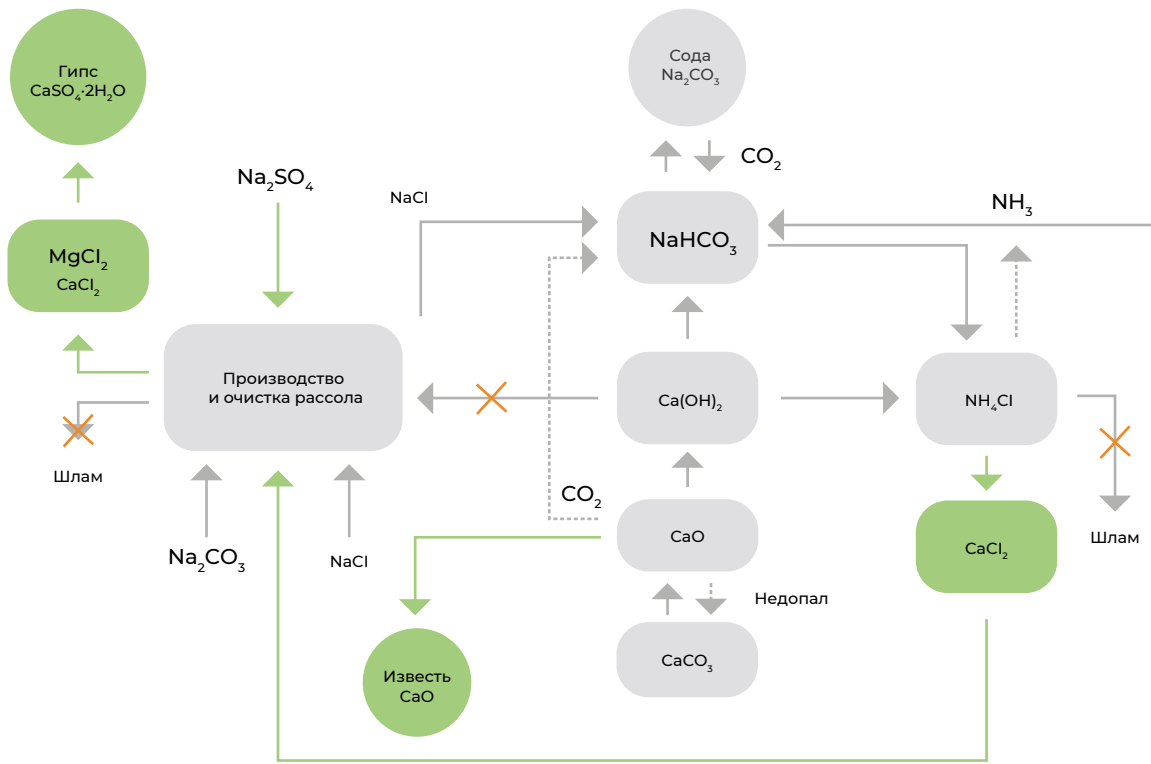


РИС. 3. Блок-схема модернизированного производства кальцинированной соды

ВМР, и используются для получения кондиционного рассола и гипса соответственно. Дистиллерная жидкость представляет собой суспензию, содержащую хлориды кальция CaCl_2 и натрия NaCl . Вместе с суспензией шлама после очистки промывных вод производства извести дистиллерная жидкость направляется на переработку в отделение производства рассола. Тем самым образование не утилизируемых твердых и жидких отходов в рассматриваемых процессах исключено. Производство рассола предназначено для получения концентрированного рассола хлорида натрия, необходимого для получения кальцинированной соды, и двуводного сульфата кальция, используемого в производстве полуводного гипса (алебаstra).

Схема материальных потоков в промышленном симбиозе представлена на рис. 4. При получении извести в печах обжига образуется готовый продукт (известь), часть которого после гашения используется при производстве кальцинированной соды на стадии регенерации аммиака, при этом выделившийся в результате реакции диоксид углерода не выбрасывается в атмосферу, а полностью возвращается в производство кальцинированной соды. Таким образом, производя более 100 тыс. т извести в год, ООО «НСЗ» дополнительно улавливает более 60 тыс. т CO_2 [12]. Отметим, что металлургическая и химическая промышленность, а также производство высокотемпературных материалов ответственны за 60% промышленных

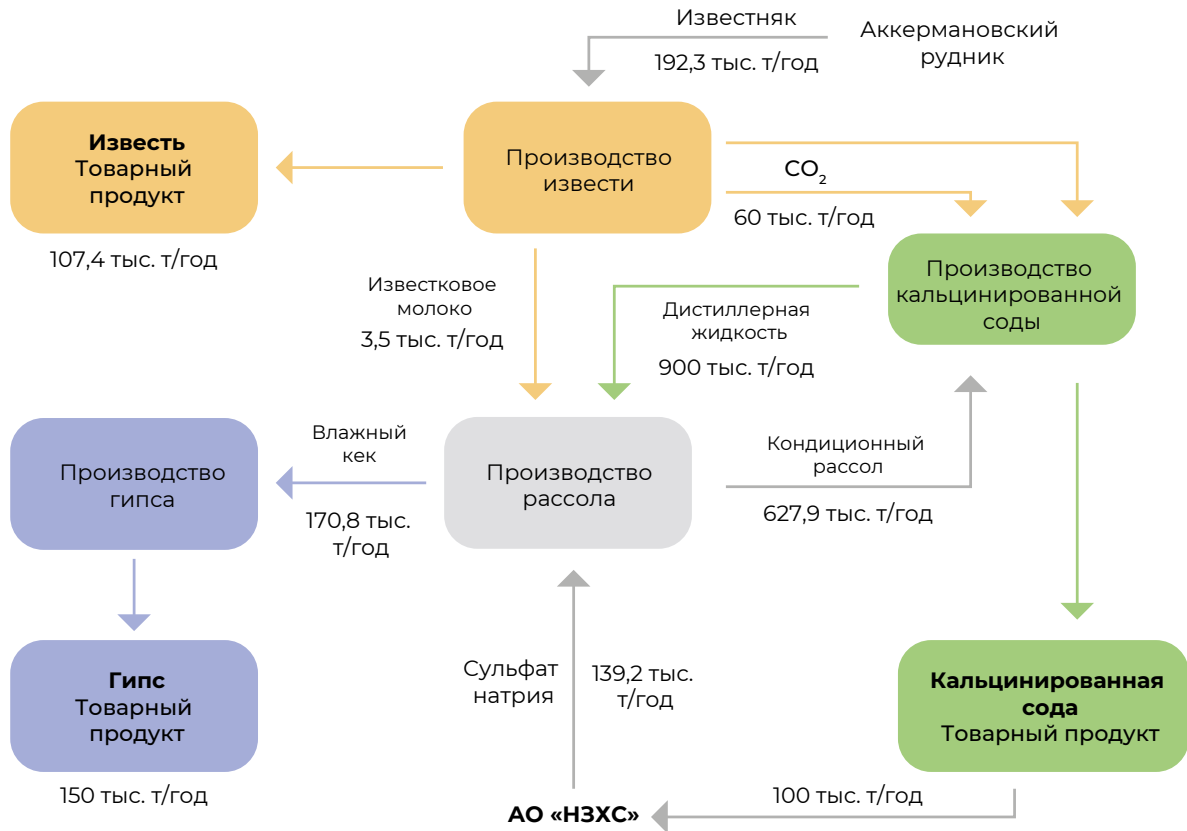


РИС. 4. Схема материальных потоков Новотроицкого промышленного узла

выбросов парниковых газов [13]. В настоящее время в России принимаются законодательные и нормативные правовые акты, ограничивающие такие выбросы [14]. При этом предприятия уже отчитываются за выбросы парниковых газов в тех случаях, когда они превышают 150 тыс. т CO₂-экв. в год. Ожидается, что в 2023–2024 гг. этот показатель будет снижен до 50 тыс. т CO₂-экв. в год.

Сравнивая традиционное производство и схему получения кальцинированной соды ООО «НСЗ»,

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На примере промышленного узла в г. Новотроицке показана возможность объединения предприятий различных отраслей, реализующих химико-технологические процессы производства высокотемпературных материалов (известь, гипс) и твердых неорганических веществ (сода кальцинированная) как компонентов единой промышленно-экологической системы. Новотроицкий завод хромовых соединений выступает в качестве поставщика сырья (сульфата натрия) и основного потребителя готовой продукции — кальцинированной соды, производство которой организовано на Новотроицком содовом заводе, находящемся в непосредственной близости от НЭХС.

Стратегическое планирование и организация различных производств с вовлечением накопленных отходов в хозяйственный оборот как ВМР, с эффективным использованием ресурсов и материалов, отсутствием образования новых отходов позволяют

следует отметить, что применяемое на Новотроицком предприятии технологическое решение позволяет принимать при производстве гипса и соды вторичные ресурсы стороннего предприятия, расположенного на той же промышленной площадке (промышленный симбиоз), снижать эмиссии парниковых газов, направляя выделяющийся при производстве извести диоксид углерода на производство основной продукции, и фактически исключить образование промышленных отходов производства соды.

не только реализовывать принципы ЭЗЦ, но и одновременно снижать негативное воздействие на окружающую среду, что благоприятно скажется на экологической обстановке в промышленно нагруженном г. Новотроицке.

Подобные успешные примеры подтверждают возможность переориентации российской экономики от линейной модели потребления ресурсов к модели замкнутого цикла. Полученные результаты заслуживают широкого распространения, а опыт организации производства ООО «НСЗ» — тиражирования, в том числе при поддержке формируемой в Российской Федерации системы «зеленого» финансирования [15]. Принципы проектирования промышленных симбиозов, несомненно, должны быть учтены при актуализации отраслевых и межотраслевых справочников по наилучшим доступным технологиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Neves A., Godina R., Azevedo S. G., Pimentel C., Matias J. C. O. *The Potential of Industrial Symbiosis: Main Drivers and Barriers to Its Implementation // Sustainability*. 2019. Vol. 11. Pp. 7095. DOI:10.3390/su11247095.

2. Fraccascia L., Yazdanpanah V., Van Capelleveen G., Yazan D. M. *Energy-based industrial symbiosis: a literature review for circular energy transition // Environment, Development and Sustainability*. 2021. Vol. 23. Pp. 4791–4825 (2021). DOI: 10.1007/s10668-020-00840-9.

3. Guo B., Geng Y., Sterr T., Dong L., Liu Y. *Evaluation of promoting industrial symbiosis in a chemical industrial park: A case of Midong // Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 135. Pp. 995–1008. DOI:10.1016/j.jclepro.2016.07.006.

4. Скобелев Д. О. Ресурсная эффективность экономики: аспекты стратегического планирования // Менеджмент в России и за рубежом. 2020. № 4. С. 37–42.

5. Албегова А. В., Гонопольский А. М., Марьев В. А., Петухова И. Ю. Анализ проблем управления российской системой обращения с отходами производства и потребления // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 2. С. 47–55.

6. Преображенский Б. Г., Толстых Т. О., Шмелева Н. В. Промышленный симбиоз как инструмент циркулярной экономики // Экология и промышленность России. 2020. № 4(51). С. 37–48.

7. Черчинцев В. Д., Нефедова Е. В., Козлов А. С. Экологические аспекты внедрения ресурсосберегающей бездоломитной технологии производства монокромата натрия на Новотроицком заводе хромовых соединений // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2016. Т. 14. № 1. С. 124–129. DOI:10.18503/1995-2732-2016-14-1-124-129.

8. Информация о социально-экономическом положении России // Федеральная служба государственной статистики. 2020. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/6WHhWc1N/oper-12-2020.pdf> (дата обращения — 04.06.2021).

9. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 19-2020. Производство твердых и других неорганических химических веществ. URL: http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=815&etkstructure_id=1872 (дата обращения — 04.06.2021).

10. Калинина Е. В., Глушанкова И. С., Рудакова Л. В. Модификация шламов содового производства для получения нефтяных сорбентов // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 2. С. 79–86. DOI: 10.25750/1995-4301-2018-2-079-086.

11. Bonfim-Rocha L., Silva A. B., Faria S. H. B., Vieira M. F., de Souza M. *Production of Sodium Bicarbonate from CO₂ Reuse Processes: A Brief Review // International Journal of Chemical Reactor Engineering*. October 2019. DOI: 10.1515/ijcre-2018-0318.

12. Башмаков И. А. Повышение энергоэффективности и экономического роста // Вопросы экономики. 2019. № 10. С. 32–63.

13. Широ́в А. А., Колпаков А. Ю. Экономика России и механизмы глобального климатического регулирования // Журнал новой экономической ассоциации. 2016. № 4. С. 87–110. DOI:10.31737/2221-2264-2016-32-4-4.

14. Скобелев Д. О., Волосатова А. А. Разработка научного обоснования системы критериев «зеленого» финансирования проектов, направленных на технологическое обновление российской промышленности // Экономика устойчивого развития. 2021. № 1(45). С. 181–188.

УДК 666.1

ЛИСТОВОЕ СТЕКЛО:
ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
И ОГРАНИЧЕНИЯ ВЫБРОСОВ
ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ
В ПРОИЗВОДСТВЕ И В ПРОЦЕССЕ
ПРИМЕНЕНИЯ



С. В. Секин

исполнительный директор
Союза Стекольных
Предприятий

Наш мир был бы совершенно иным без стекла и новых технологий, позволяющих взглянуть на его применение под другим углом. Говорят, что мы живем в «стеклянном веке». Благодаря ведущим в отрасли исследованиям и разработкам мир стекла — это более вдохновляющий и устойчивый мир.

На протяжении веков методы изготовления стекла сильно менялись. Раньше стеклом занимались талантливые ремесленники, а сейчас оно в больших объемах производится на современных промышленных предприятиях [1]. Листовое стекло — это один из важнейших видов строительных материалов, с помощью которого создается различная освещенность помещений, регулируется поступление и снижаются потери тепла. Архитекторы все чаще стремятся привнести естественные факторы окружающей среды во внутреннюю часть здания за счет максимального естественного освещения. Это достигается при использовании больших площадей остекления фасадов и крыш, а также через полностью застекленные фасады, где стекло является структурным компонентом здания. При этом стекло — прекрасный декоративный материал, обеспечивающий возможность разнообразного оформления зданий и украшения их интерьера.

Возможности стекла значительно расширяются путем придания ему различной тепло- и светопрозрачности, применения различных методов его окраски и декорирования. В последнее время в массе выпускаемого материала значительно

О. В. Кондратенко

менеджер по экологии
и устойчивому развитию
ООО «Гардиан Стекло Сервисис»

возрастает доля функционального (с особыми свойствами) стекла. Связано это с тем, что обычное стекло не отвечает современным требованиям к теплосбережению, механической прочности, спектральному диапазону пропускаемого излучения и т.д.

При общей тенденции к увеличению площади остекления фасадов современных зданий и сооружений вопросы энергоэффективности становятся ключевыми, и применение энергосберегающих низкоэмиссионных и солнцезащитных стекол, обеспечивающих значительное снижение теплопотерь и расходов на отопление и кондиционирование помещений, становится особенно актуальным. Характеристики энергоэффективности светопрозрачных конструкций выросли в несколько раз по сравнению с теми решениями, которые применялись 15–20 лет назад. Современные технологии производства архитектурного стекла, применяемые в настоящее время, позволяют строить полностью стеклянные оболочки и не бояться промерзания и появления конденсата в холодное время года, а также тепличной духоты летом — сегодня стекло может эффективно решать эти задачи.

В Российской Федерации функционируют 11 заводов, выпускающих листовое стекло; это предприятия ведущих международных компаний (AGC Group, NSG, Guardian Industries, Sisecam) и известных российских производителей (АО «Салаватстекло», АО «Саратовстройстекло» и ООО «Салаватстекло Каспий»).

Основные сырьевые материалы в производстве стекла — это [2, 3]:

- ▶ кварцевый песок — источник оксида кремния (SiO₂), основного компонента в составе стекла;
- ▶ кальцинированная сода (карбонат натрия Na₂CO₃), сода снижает температуру варки;
- ▶ поташ (карбонат калия K₂CO₃), используется для введения оксида калия (K₂O), увеличивающего «длину» (вязкостную характеристику при формировании) стекла;
- ▶ мел, известняк, мрамор (карбонаты кальция CaCO₃) — источники оксида кальция (CaO);
- ▶ доломит (двойной карбонат кальция и магния CaCO₃·MgCO₃) — введением оксидов кальция (CaO) и магния (MgO) можно регулировать температуру плавления и вязкость; они улучшают механические и химические свойства;
- ▶ глинозем (оксид алюминия Al₂O₃) добавляют, чтобы улучшить стойкость к химическому воздействию.

Для облегчения процесса варки стекла часть шихты, необходимой для получения 100 массовых частей стекломассы, заменяют стекольным боем (далее — стеклобой). Соотношение шихты и стеклобоя устанавливается предприятием и зависит от конструктивных особенностей и продолжительности кампании печи, требований к качеству стекломассы, экономических показателей производства. При производстве листового стекла соотношение шихта : бой варьирует обычно в пределах (90–75):(10–25) [2, 3].

Наиболее распространенным и экономичным способом подачи тепла для варки стекла является сжигание газового топлива над слоем шихты и расплавленной стекломассой. Температура, необходимая для стекловарения, зависит от химического состава стекла и составляет от 1100 до 1650 °С. При таких температурах теплопередача осуществляется путем излучения

от свода печи, который нагревается пламенем до 1650 °С, и от самого пламени. Природный газ — основное топливо, используемое в российской стекольной промышленности, главным образом из-за его экономичности и экологичности. Стекловаренные печи снабжены системами подачи газа и отвода продуктов горения. Для подачи газа и воздуха на горение применяют регенераторы [3].

Регенератор — это камера, внутри которой находится насадка из огнеупорного кирпича с системой отверстий. При прохождении через насадку отработанных дымовых газов сверху вниз кирпичи нагреваются и затем отдают тепло пропускаемому снизу вверх воздуху, нагревая его до 1200–1350 °С. Система управления переключает газовые потоки в парах горелок таким образом, чтобы одна работала на горение топлива, а вторая на нагрев насадки. Через фиксированный промежуток времени происходит переключение газовых потоков, и тогда вторая горелка сжигает топливо, а насадка регенератора первой нагревается отходящими газами. Отвод отработанных дымовых газов из регенераторов происходит по системе дымоходов, расположенной под стекловаренной печью, соединенной с общей дымовой трубой [3].

Одной из самых важных инноваций в стекольной промышленности стала разработка процесса производства флоат-стекла, сегодня это наиболее распространенный процесс производства листового стекла, основной принцип которого заключается в формировании расплавленной стекломассы на поверхности расплавленного олова под действием сил поверхностного натяжения [4].

Флоат-ванна (ванна расплава) состоит из металлического корпуса, установленного на металлических

конструкциях и наполненного расплавом олова. Корпус флоат-ванны герметичен, в нем поддерживается защитная атмосфера путем наполнения смесью азота и водорода.

Расплавленная стекломасса вытекает из печи вдоль канала с огнеупорной футеровкой. В конце канала стекломасса выливается в ванну расплава через специальный огнеупорный переливной брус, который обеспечивает правильное растекание стекломассы. Поток стекломассы управляется посредством регулируемого подвесного огнеупорного шибера в канале (передний шибер). В месте, где стекломасса первоначально соприкасается с оловом, температура олова составляет приблизительно 1000 °С; на выходе из ванны расплава температура снижается примерно до 600 °С. По мере того, как стекломасса проходит по поверхности расплавленного олова, она приобретает практически идеальную ровную поверхность. Олово не вступает в реакцию со стеклом и подходит для процесса его производства благодаря своей плотности и температуре плавления [2, 3].

В флоат-ванне расположены несколько пар стеклоформирующих машин с водяным охлаждением, с применением которых осуществляется регулирование толщины ленты стекла.

После выхода из флоат-ванны лента стекла подается в печь отжига, разделенную на секции, где осуществляется косвенное или прямое охлаждение с помощью принудительной и естественной конвекции. По мере перемещения стекла по леру для отжига его температура постепенно снижается до температуры в цеху, что позволяет резать материал на листы и отправлять его на хранение. Стекло таким образом постепенно охлаждается с 600 до 60 °С для уменьшения остаточного напряжения до допустимого уровня.

В некоторых случаях устанавливают моечные машины на непрерывной ленте стекла.

Охлажденная лента стекла разрезается перемещающимися роликами на заданные форматы. Края ленты, на которых находятся отпечатки зубцов роликов, отрезаются и повторно используются в производстве в качестве стеклобоя. Затем листы стекла передаются на склад для хранения и последующей реализации либо для дальнейшей переработки [2, 3].

Энергоэффективность стекловаренной печи в процессе ее эксплуатации постепенно снижается в связи с выработкой ее ресурса. Кампания эксплуатации печи в среднем составляет 15 лет. При завершении кампании проводится ее холодный (капитальный) ремонт, при котором выполняют следующие работы: полностью или частично заменяют секции главного свода и подвесные динасовые стены; заменяют верхний ряд брусьев бассейна по всему периметру, кроме выработочной части, а также второй ряд брусьев в зоне варки и студки (при необходимости); заменяют влеты и своды 3–4 пар горелок; полностью или частично заменяют дно варочного бассейна; заменяют насадки и ремонтируют стены и своды регенераторов; ремонтируют газовые и воздушные каналы и дымоходы; полностью или частично заменяют мостовое строение машинного канала; ремонтируют обвязку печи, переводные устройства, загрузчики шихты и боя, вентиляторы и все вспомогательное оборудование. По сути, устанавливается новая печь, и у производителя есть возможность заложить новые, более энергоэффективные решения [2].

Основные технологические решения, направленные на повышение энергоэффективности производства, — это снижение энергопотребления как в основных, так и во вспомогательных процессах

и использование вторичных ресурсов (стеклобоя) в составе исходного сырья.

Прежде всего практики уделяют внимание оптимизации энергопотребления непосредственно на производственной площадке. Модернизация стекловаренных печей позволяет достичь значительного снижения теплотерь и повышения энергоэффективности процессов стекловарения: 70–75% энергопотребления приходится на долю процессов стекловарения, соответственно, максимально эффективного снижения потребления топлива можно добиться именно на этом участке. Теплоизоляция печей позволяет не только повысить энергоэффективность процессов стекловарения, но и снизить углеродоемкость продукции [5].

Еще один пример простых технологических решений — уплотнение (герметизация) горелок. Традиционное расположение горелок природного газа или жидкого топлива обычно приводит к подсосу холодного воздуха в печь. Простое уплотнительное кольцо может исключить подсос холодного воздуха, а также открывает дополнительные возможности по снижению выбросов оксидов азота.

Следует также отметить перспективность использования систем автоматического контроля технологических процессов и рекуперации тепла. Использование тепла отходящих газов стекловаренной печи для предварительного разогрева шихты и стеклобоя или обогрева производственных зданий позволяет сократить энергопотребление предприятия.

Одним из самых распространенных способов повышения энергоэффективности предприятия на всем протяжении кампании является использование стеклобоя в шихте, однако существуют ограничения, связанные с качеством продукции. По мнению российских

экспертов, доля стороннего стеклобоя не может превышать 37%. При этом снижение углеродоемкости продукции происходит сразу по двум направлениям:

- ▶ снижение выбросов парниковых газов за счет уменьшения доли карбонатов в исходном сырье;
- ▶ снижение выбросов диоксида углерода за счет снижения энергопотребления при плавлении шихты.

Особое внимание сокращению углеродоемкости, снижению энергопотребления и повышению доли стеклобоя в шихте специалисты стали уделять в связи с развитием углеродного регулирования, которое с 2021 г. применяется и в России. Предприятия, процессы производства продукции на которых сопровождаются значительными выбросами диоксида углерода и других парниковых газов, должны отчитываться об этих выбросах (на первом этапе, если они превышают 150 тыс. т CO₂-экв. в год) [6]. Ожидается также, что получат распространение и экономические инструменты (углеродный налог и (или) торговля квотами на выброс парниковых газов). В Европейском союзе установление квот основано на результатах отраслевого бенчмаркинга — сопоставительного анализа с эталонными показателями для определения возможностей повышения эффективности (в данном случае — возможностей сокращения выбросов парниковых газов) [7].

Бенчмаркинг по уровню энергоэффективности и углеродоемкости широко используется для [8]:

- ▶ определения потенциала экономии энергии и снижения выбросов парниковых газов;
- ▶ определения и мониторинга достижения целевых заданий (пороговых значений) по экономии энергии и снижению выбросов парниковых газов в системах регулирования;
- ▶ выявления лучших технологий и практик и формирования пакетов мер политики для расширения их рыночных ниш;

- ▶ разработки и согласования отраслевых планов и дорожных карт по повышению энергоэффективности и декарбонизации;
- ▶ выделения бесплатных квот в системах торговли квотами;
- ▶ определения уровня платежей в системах пограничного углеродного регулирования (Carbon Boarder Adjustment Mechanism, CBAM);
- ▶ маркетинга продукции с низким углеродным следом (необходимо обеспечение сопоставимости определения удельных выбросов для обеспечения справедливой конкуренции);
- ▶ выбора поставщиков с низким углеродным следом для государственных и корпоративных закупок при стремлении снизить углеродный след потребителей продукции;
- ▶ определения критериев «зелености» в таксономиях при принятии решений о финансировании проектов.

Новые (жесткие) бенчмарки углеродоемкости (фактически — целевые показатели) были установлены в Европейском союзе в марте 2021 г.; в июле того же года была опубликована информация о пограничном углеродном регулировании [9]. В документе указано, что 10% лучших (наиболее эффективных) установок достигали в среднем углеродоемкости 0,421 т CO₂-экв./т стекла, в то время как бенчмарк на период 2021–2025 гг. установлен на уровне 0,399 т CO₂-экв./т стекла. При этом в 2018 г. бенчмарк был установлен на уровне 0,453 т CO₂-экв./т стекла [10].

Сегодня показатели удельной углеродоемкости листового стекла, выпущенного предприятиями, расположенными в Российской Федерации, варьируют в интервале 0,470–0,499 т CO₂-экв./т стекла. Задача снижения углеродоемкости стекла до уровней, близких к бенчмарку Европейского союза, представляет значительную сложность

для предприятий-экспортеров; очевидно, эта задача не может быть решена в ходе стекловаренной кампании.

На протяжении кампании поддержание энергоэффективности на высоком уровне осуществляется методами энергоменеджмента [11, 12]. Так, мероприятия по энергоэффективности могут включать следующие позиции:

- ▶ повышение содержания плавней в шихте (стеклобой, сода);
- ▶ обеспечение стабильной температуры и влажности шихты;
- ▶ оптимизация температурного режима стекловаренной печи;
- ▶ использование автоматической системы управления газом (Expert System), которая позволяет более точно и своевременно регулировать расход газа в зависимости изменения температуры;
- ▶ анализ индекса Wobbe, калорийности и плотности газа для лучшей стабильности;
- ▶ анализ состава отходящих газов (соотношение CO:O₂) для регулировки горения и перераспределения подачи газа по портам;
- ▶ обновление термоизоляции бассейна печи;
- ▶ настройка давления в варочной части печи и соотношение газ/воздух на горение в зависимости от времени года;
- ▶ своевременная герметизация стекловаренной печи (устранение прогаров и др.);
- ▶ обслуживание (прожиг) насадок камер регенераторов.

Дальнейшее повышение энергоэффективности, равно как и сокращение выбросов парниковых газов, могут быть достигнуты за счет увеличения доли стеклобоя в шихте. Однако существует два ограничения:

- ▶ связанное с качеством продукции: как уже отмечено, по мнению производителей листового стекла, доля стороннего стеклобоя не может превышать 37%; дальнейшее увеличение доли стеклобоя

влечет риск выпуска некачественной продукции и снижение эффективности деятельности предприятия;

- ▶ при производстве листового стекла используется собственный стеклобой и стеклобой, образовавшийся при промышленной переработке листового стекла (нарезка стекла в размер при изготовлении изделий из листового стекла); в настоящее время на российском рынке вторичного сырья наблюдается дефицит стеклобоя, пригодного ко вторичной переработке, обусловленный тем, что крупные переработчики имеют возможность накопить товарную партию и отправить его на переработку, а средние и мелкие переработчики такой возможности не имеют и предпочитают отправить стеклобой на захоронение.

Одним из решений по стимулированию вовлечения стеклобоя в производство может стать внесение изменений в Распоряжение Правительства РФ от 25.07.2017 №1589-р «Об утверждении перечня видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается» [13] с целью введения поэтапного запрета на захоронение отходов стекла с учетом региональных и муниципальных особенностей наличия и перспективы введения в эксплуатацию производственно-технических комплексов по утилизации отходов. Индивидуальный подход к каждому региону обусловлен различиями в развитии утилизации отходов между субъектами. Соответственно, чтобы получить фактические результаты, исходя из реалий, необходимо оценивать технические возможности и дальнейшие перспективы каждого субъекта и, возможно, муниципалитета в отдельности.

Возможности дальнейшего снижения выбросов парниковых газов уже лежат в сфере строительства и реконструкции зданий. Применение энергоэффективного (низкоэмиссионного и солнцезащитного)

стекла позволяет значительно снизить теплопотери зданий и оптимизировать систему кондиционирования помещений. По экспертным оценкам, снижение потребления тепла в жилом секторе за счет применения низкоэмиссионного стекла может составлять до 15%. С учетом того, что в городах до 70% выбросов парниковых газов приходится на долю зданий [14], принцип отказа от приобретения стекла в пользу выбора совместно с производителем проекта остекления здания в целом получает все более широкое распространение.

Для сравнения: стандартный однокамерный стеклопакет с обычным флоат-стеклом имеет коэффициент теплопередачи $U_g = 2,7$; с низкоэмиссионным стеклом $U_g = 1,1$; а с мультифункциональным стеклом $U_g = 1,0$. При увеличении количества камер в стеклопакете, например до двухкамерного, что сегодня очень распространено, с применением различных комбинаций стекла можно достичь показателя $U_g = 0,5$ (коэффициент теплопередачи $U_g \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{с)}$ характеризует способность конструкции передавать тепло. Чем меньше коэффициент, тем лучше теплоизоляционная функция светопрозрачной конструкции).

В ноябре 2021 г. была официально опубликована «Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года» [15]. В этом документе отмечено, что в жилищно-коммунальном хозяйстве и жилищном строительстве следует обеспечить повышение эффективности систем теплоснабжения, теплоснабжения и внедрение высоких стандартов энергоэффективности новых зданий (классы А, А+). Присвоение классов энергоэффективности на этапе строительства, в том числе с учетом использования энергоэффективного остекления, рассматривается в числе действенных инструментов достижения поставленной цели. Следовательно, выполнение требований к энергоэффективности

должно быть обеспечено на этапах проектирования и строительства с применением расчетных и инструментальных методов.

В 2021 г. был введен в действие межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 10077-1-2021 «Характеристики теплотехнические оконных блоков, дверных блоков и жалюзи. Расчет коэффициента теплопередачи. Часть 1. Общие положения» [16]. Этот стандарт разработан по инициативе Союза стекольных предприятий для унификации расчета коэффициента теплопередачи и повышения уровня технического регулирования тепловой защиты зданий, строений и сооружений, в том числе в части учета норм энергетической эффективности, устанавливаемых для светопрозрачных конструкций многоквартирных домов, общественных зданий и сооружений. Совместно с инструментальными замерами стандарт станет хорошим расчетным инструментом контроля запроектированных характеристик остекления для всех участников процесса строительства.

На протяжении всего жизненного цикла здания высокая энергоэффективность поддерживается путем применения широкого спектра инструментов. «Зеленое» строительство и эксплуатация зданий, обеспечивающие снижение негативного воздействия на окружающую среду и ограничение выбросов парниковых газов, получают все большее распространение в России [16–19].

В макроэкономическом аспекте производство стекла с низкоэмиссионным покрытием играет важную роль в снижении выбросов CO₂. Расчеты для ведущих мировых производителей стекла показывают, что сокращение выбросов при использовании низкоэмиссионных стекол в энергосберегающем остеклении жилых и общественных зданий многократно

перекрывает углеродный след продукции (выбросы парниковых газов при производстве и транспортировке стекла). Это соотношение может достигать 11:1 (на каждую тонну CO₂, выбрасываемого в результате деятельности компании, удастся предотвратить до 11 т выбросов CO₂ благодаря использованию выпускаемой продукции) [19].

Распространение «зеленых» проектов, безусловно, потребует дополнительной инфраструктуры и значительных инвестиций. Будучи вторым по величине потребителем энергии в России (после промышленности), жилищный сектор обладает огромным потенциалом экономии энергии и сокращения выбросов парниковых газов при условии проведения его энергоэффективной модернизации. Применение энергосберегающих низкоэмиссионных стекол, обеспечивающих значительное снижение теплопотерь, а соответственно и расходов на отопление и кондиционирование помещений, становится при этом особенно актуальным.

При строительстве и эксплуатации зданий светопрозрачным конструкциям должна отводиться одна из ведущих ролей, поскольку современный уровень их теплозащиты и энергоэффективности не уступает, а по некоторым параметрам и превосходит ограждающие конструкции зданий. Энергоэффективные окна должны стать общепринятым, законодательно закрепленным стандартом в остеклении в ближайшее время.

По данным Фонда содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства, к 2020 г. насчитывалось 652 дома с энергоэффективными технологиями в 66 регионах России, что крайне мало в масштабах страны [20]. Строительство энергоэффективных домов и модернизация

существующего жилого фонда с применением энергоэффективных технологий должны стать приоритетной задачей, поскольку экономический и экологический эффект от эксплуатации энергоэффективных объектов позволяет быстро окупить дополнительные затраты и получить заметную экономию в потреблении коммунальных ресурсов и более комфортные условия проживания. Реновация жилищного фонда будет способствовать снижению выбросов парниковых газов, образующихся при генерации тепла и энергии для кондиционирования. По экспертным оценкам снижение потребления тепла в жилом секторе за счет применения энергоэффективного стекла может составлять до 15%, таким образом снижается общий объем необходимого тепла и значительно уменьшается необходимость его генерации. В совокупности для страны снижение энергопотребления и потребления ископаемого топлива приведет к общему

снижению выбросов парниковых газов и улучшению общих показателей снижения выбросов.

С учетом потенциала применения энергоэффективного остекления целесообразно на государственном уровне закрепить требования и рекомендации по его использованию в строительстве, реконструкции и капитальном ремонте жилых и производственных помещений, внедрить их в различные стандарты и иные методические документы, например в стандарты «зеленого» строительства, а также использовать такие материалы при осуществлении строительства с государственным участием. Целесообразным может стать также изменение структуры учета выбросов парниковых газов на национальных уровнях, выделение сектора «Жилищно-коммунальное хозяйство» или «Здания» в секторе «Энергетика» Национального кадастра выбросов парниковых газов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт Союза стекольных предприятий [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://glassunion.ru/>

2. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass. European Commission. Joint Research Centre. Institute for prospective technological studies, 2013 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/GLS_Adopted_03_2012_0.pdf.

3. ИТС 5-2015. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Производство стекла».

4. Саркисов П.Д., Орлова Л.А. Стекло неорганическое // Химическая энциклопедия. — Т. 4. — М.: Большая российская энциклопедия, 1995. — С. 835–840.

5. Гусева Т.В., Тихонова И.О., Цевелев В.Н., Щелчков К.А., Аверочкин Е.М. Направления оптимизации технологического нормирования производства тарного стекла: наилучшие доступные технологии, нормы общего действия и углеродоемкость продукции // Стекло и керамика. — 2021. — №10. — С. 18–23.

6. Федеральный закон от 02.07.2021 №296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://rg.ru/2021/07/07/fz-ob-ogranichenii-vybrosov-parnikovyh-gazov-dok.html>.

7. Commission Implementing Regulation (EU) 2021/447 of 12 March 2021 determining revised benchmark values for free allocation of emission allowances for the period from 2021 to 2025 pursuant to Article 10a(2) of Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2021/447.

8. Башмаков И.А., Скобелев Д.О., Борисов К.Б., Гусева Т.В. Системы бенчмаркинга по удельным выбросам парниковых газов в черной металлургии // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. — 2021. — Т. 77. — №9. — С. 1071–1086.

9. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council Establishing a Carbon Border Adjustment Mechanism. Brussels, 14.7.2021. COM(2021) 564 final 2021/0214 (COD). URL: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12228-EU-Green-Deal-carbon-border-adjustment-mechanism-en>.

10. Commission Delegated Regulation (EU) 2019/331 of 19 December 2018 Determining Transitional Union-wide Rules for Harmonised Free Allocation of Emission Allowances Pursuant to Article 10a of Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2019/331/oj.

11. Guseva T., Shchelchikov K., Sanzharovskiy A., Molchanova Ya. Best Available Techniques, Energy Efficiency Enhancement and Carbon Emissions Reduction // Proceedings of the 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. — 2019. — Vol. 19. — Is. 5.1. — Pp. 63–70.

12. Скобелев Д.О., Степанова М.В. Энергетический менеджмент: прочтение 2020. Руководство по управлению энергопотреблением для промышленных предприятий. — М.: Изд-во «Колорит», 2020. — 92 с.

13. Распоряжение Правительства РФ от 25.07.2017 №1589-р «Об утверждении перечня видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221683/.

14. COP26: cities create over 70% of energy-related emissions. Here's what must change. URL: <https://theconversation.com/cop26-cities-create-over-70-of-energy-related-emissions-heres-what-must-change-171307>.

15. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202111010022>.

16. ГОСТ ISO 10077-1-2021. Характеристики теплотехнические оконных блоков, дверных блоков и жалюзи. Расчет коэффициента теплопередачи. Часть 1. Общие положения.

17. BREEAM International New Construction Guide 2016. URL: <https://www.breeam.com/discover/technical-standards/newconstruction/>.

18. «Зеленое» строительство в Москве: Газоны на крышах и «умный» снос пятиэтажек по реновации [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.kp.ru/daily/28345/4491599/>.

19. Van Marcke de Lummen G., Katsumoto S. Carbon Footprint of Glass Manufacturer: How Glasses Contribute to the Mitigation of the Climate Change. AGC, 2018. URL: <http://copjapan.env.go.jp>.

20. Энергетический переход в жилищно-коммунальной сфере [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://fondgkh.ru/news/v-ramkakh-mezhdunarodnogo-foruma-rossiyskaya-energeticheskaya-nedelya-sostoyalas-tematicheskaya-sessiya-fonda-zhkhk-energeticheskij-perekhod-v-zhilishchno-kommunalnoy-sfere-i-gospodderzhka-programm-obnovleniya-kommunalnoy-infrastruktury/?sphrase_id=89474.

УДК 666.1

ПРОИЗВОДСТВО СТЕКЛА
В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ
«МЕЩЁРА»: СИТУАЦИОННОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ



Д. О. Хаустова

редактор, SMM-специалист,
Государственный
академический театр имени
Евг. Вахтангова

Д. Х. Михайлиди

научный сотрудник
отдела методологии
ресурсосбережения ФГАУ
«НИИ «ЦЭПП»

Ю.М. Аверочкин

главный научный сотрудник
научно-консультационного
отдела ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»,
к. т. н.

ВВЕДЕНИЕ

Цель ситуационного исследования («зеленого кейса») состоит в анализе результатов проекта, направленного на повышение ресурсной эффективности производства стеклотары. Но особенности расположения предприятия (в границах национального парка «Мещёра»), захватывающая

история развития предпринимательства (в целом) и стекловарения (в частности) во Владимирской области, а также давняя и искренняя привязанность авторов к Мещёре обусловили структуру статьи, несколько отличающуюся от типичных «зеленых кейсов».

Природа. Ресурсы



Фото: Д. Хаустова

Рассказ о Мещёре можно начать словами Константина Паустовского: «В Мещёрском крае нет никаких особенных красот и богатств, кроме лесов, лугов и прозрачного воздуха. Но все же край этот обладает большой притягательной силой. Он очень скромен — так же, как картины Левитана. Но в нем, как и в этих картинах, заключена вся прелесть и все незаметное на первый взгляд разнообразие русской природы».

Можно, как советуют нам учителя, открыть энциклопедию: «Мещёра — обширная заболоченная равнина в России, в пределах Владимирской, Московской и Рязанской областей. Расположена в центральной части Русской равнины, в междуречье Клязьмы (на севере), Москвы (на юго-западе),

Оки (на юге), Судогды и Колпи (на востоке). Поверхность Мещёры сложена водно-ледниковыми песками и супесями, лежащими на морене днепровского оледенения или на юрских глинах, меловых песках с прослоями аргиллитов и известняков карбона в пределах Шиловско-Владимирского прогиба» [1].

Значительная часть Владимирской и Рязанской Мещёры расположена в бассейне реки Пры, меандрирующей по плоской заболоченной равнине, слабо пересеченной небольшими холмами, грядами и котловинами небольших озер.

Мещёрская низменность находится в зоне смешанных лесов. Преобладают ландшафты полесского

типа: низменные зандровые равнины с сосняками (боры-зеленомошники с брусникой и черникой и боры-долгомошники) на подзолистых глееватых и глеевых почвах и заболоченные массивы (мшары). Весной на проталинах появляются первоцветы, прострел раскрытый, пролеска сибирская, которые сменяются густыми коврами ландыша майского и майника двулистного [2].

«Мещёра — остаток лесного океана. Мещёрские леса величественны, как кафедральные соборы. Даже старый профессор, ничуть не склонный к поэзии, написал в исследовании о Мещёрском крае такие слова: «Здесь в могучих сосновых борах так светло, что на сотни шагов вглубь видно пролетающую птицу» (К. Паустовский).



Фото: Д. Хаустова

Ельники и смешанные леса встречаются на моренных останцах, дубравы — в поймах рек. Среди болот распространены низинные и переходные, в северной части — сфагново-осоковые и гипново-осоковые, в юго-восточной — облесенные березовые и осоково-кочкарные болота. Известны крупные месторождения торфа, кварцевых песков, фосфоритов, глины и др. В поймах Клязьмы, Оки и других рек развиты луговые ландшафты, в том числе ценные окские заливные луга [2].

В пределах Мещёрской низменности организованы Окский государственный природный заповедник, национальные парки «Мещёра» и «Мещёрский» (не так давно объединенные). Флора национальных парков представлена более чем 1000 видами растений, в том числе 43 видов мхов, 11 — папоротников, более 650 видов цветковых растений. Фауна характерна для средней полосы европейской части России. Из млекопитающих (всего более 50 видов) — лось, кабан, волк, лисица, лесной хорек, лесная куница, бобр и многие другие. На охраняемых природных территориях отмечено более 200 видов птиц; обычны серый журавль, лебедь-кликун, несколько видов уток, большой кроншнеп, чомга, глухарь, тетерев, коростель, совы болотная и ушастая, зимородок. Многочисленны дрозды, синицы и др. В Красную книгу России внесены русская выхухоль, гигантская вечерница, беркут, сапсан, орлан-белохвост, скопа, змееяд, черный аист и др. [3].

Все, что мы пытались описать, — это красота, поэзия чудного края. Теперь говорят экосистемные услуги, то есть те блага, выгоды, которые люди получают от экосистем: чистый воздух, пресная вода, живописные ландшафты, возможности для культурного, духовного и рекреационного опыта. Выживание

Топи да болота,
Синий плат небес.
Хвойной позолотой
Взвенивает лес.
Тенькает синица
Меж лесных кудрей,
Темным елям снится
Гомон косарей.

С. Есенин



Фото: Д. Хаустова

Выткался на озере алый свет зари.
На бору со звонами плачут глухари.
Плачет где-то иволга, схоронясь в дупло.
Только мне не плачется — на душе светло.

С. Есенин

и благополучие человека зависят от этих экосистемных услуг и, следовательно, от состояния самих систем, которые их предоставляют. И воздух, и вода критически важны для человека. Лесные и водно-болотные угодья играют значительную роль в ограничении воздействия на климатическую



Фото: Д. Хаустова

систему и даже в адаптации к изменениям климата. Хотя обычно под природными ресурсами подразумевают прежде всего полезные ископаемые: газ, нефть, уголь, руды. В Мещёре таких ресурсов нет, хотя есть лес, торф и (были) кварцевые пески, что обусловило развитие промышленности.

Но в этой статье в контексте ресурсосбережения и ресурсоэффективности мы будем обсуждать бережное отношение к лесам, лугам, рекам Мещёры, предотвращение негативного воздействия на окружающую среду и природные комплексы, ведение производственной деятельности с максимально полным, глубоким использованием сырья и энергии.

Люди. История

«Русская литература, музыка, живопись, вся наша великолепная культура, наконец, история — все это неразрывно срослось с красотой русской земли. Она наложила отпечаток на формирование характера нашего народа — великодушного и талантливого, простого и мужественного» (К. Паустовский). Леонтий Бенуа и Виктор Васнецов, Владимир Покровский и Григорий Леви, Абрам Архипов и Иван Пожалостин, Сергей Есенин и Владимир Фролов, Александр Солженицын и Константин Паустовский, Аркадий Гайдар и Рувим Фраерман, Владимир Иваницкий и Святослав Приклонский, Константин Ваншенкин и Виктор Шилов — этим художникам, архитекторам, поэтам, писателям, ученым Мещёра дарил вдохновение, а они посвящали ей стихи, книги, картины, проектировали храмы и заповедники, дома для мастеровых и заводы.

Вот с заводов мы и начнем. Первый стекольный завод в России был построен в 1635 г. приехавшим из Швеции валлонцем Елисеем Койетом (Gilles Kojet) в Дмитровском уезде. Койет получил от царя Михаила Федоровича жалованную грамоту, в которой говорилось: «Пушечного и рудознатного дела мастера Елисея Койета пожаловали, в нашем Московском государстве скляничное дело делать велели». За первым заводом последовал в 1639 г. второй; заводы были казенными и подчинялись горному ведомству. Казенные заводы стали центрами распространения технических новшеств, своеобразной школой, в которой обучались рабочие и мастера. При этом в XVII веке все стекольные производства оставались очень небольшими, с парой десятков рабочих и выпуском штучной продукции [4].

При Петре I стекольное дело было значительно расширено, началось строительство заводов, выпускавших хрустальную посуду и зеркала в окрестностях Санкт-Петербурга. XVIII век стал переломной эпохой в истории развития российской промышленности. К первой половине века относится зарождение русской стекольной мануфактуры, именно в это время и начался массовый выпуск изделий из стекла.

В 1723 г. купец Василий Мальцов с компаньонами основал в Можайском уезде Московской губернии Духанинский стекольный завод, выпускавший бутылки (ведерные и полуведерные), оконное и зеркальное стекло. В конце 30-х гг. XVIII века мальцовское стекольное производство стало одним из самых крупных и известных в России. В 1747 г. указом Сената было запрещено строить под Москвой стекольные и железные заводы, чтобы удалить производства от города и уберечь от истребления лесные массивы. Братья Мальцовы вынуждены были перевести заводы в другое место. Аким Мальцов выбрал богатый лесом и белыми песками Мещёрский край. Здесь в 1756 г. на речке Гусь и было основано производство, которое дало начало селу Гусь, а потом и городу Гусь-Хрустальному. В 1760 г. на фабрике работали 119 человек, часть из которых составили мастера закрытого Духанинского завода [5].

В архивных документах 1778 г. встречается такая запись: «В Володимерском уезде хрустальные и стеклянные фабрики: 1. Якима Мальцова при реке Гусь и сельцо Гусь называется, где фабрика заведена, делает стаканы и рюмки простые. В сельце душ до ста крестьян... У Якима есть и полотняная

фабрика в Гжатском уезде, в сельце Новом, основанная в 1762 г. В той же фабрике 5 станок на коей делают ревендуг... Яким имеет дом за Москвою-рекою в приходе Космы и Дамиана в Малой

Екиманской улице...» В конце XVIII века мануфактурное производство стало вытесняться фабричным; на смену ручному труду постепенно приходил машинный [4, 5].



К 1762 г. мальцовские владения включали Гусевской стекольно-хрустальный завод с множеством сопутствующих предприятий во Владимирском, Брянском и Трубчевском уездах. Не все члены многочисленной семьи посвятили свою жизнь предпринимательству; многие предпочли государственную службу, и именно они сумели первыми достичь дворянского звания, но личное дворянство не решало задачу укрепления престижа и преумножения богатств семьи. Мальцовы обратились к истории и обнаружили в Черниговском уезде свидетельства тому, что их родственник, Богдан Мальцов, числился в 1634 г. среди детей дворянских и боярских. Дворянский титул имели и его дети — Автоном, Кирей и Юрий. Необходимые бумаги были собраны и с прошением отправлены в Санкт-Петербург. 14 августа 1775 г. вышел указ императрицы Екатерины II о возведении Акима Васильевича Мальцова в потомственное дворянство [5].

С обретением дворянского звания и присущих ему привилегий Мальцовы получили мощный импульс к развитию предпринимательской деятельности. Финансовая мощь подкреплялась теперь высоким сословно-правовым статусом. К концу XVIII века семейство Мальцовых владело уже шестнадцатью заводами. После смерти Акима Мальцова в 1788 г. по разделу имения между сыновьями Гусевская фабрика была записана за 14-летним Иваном Акимовичем. Из-за малолетства сыновей руководить мальцовским делом стала Мария, жена Акима. Она ежегодно расширяла владения, укрепляла производство [5].

По завещанию Марии стекольные заводы отошли младшему сыну Ивану. Старший, Сергей, служил в армии, а выйдя в отставку, занялся развитием стекольного дела: в 1811 г. построил Курловскую фабрику, через несколько лет выкупил у младшего

брата все Гусевские заводы, основал новые стекольные и хрустальные фабрики (Великодворскую, Воронцовскую, Вязовскую). Пожалуй, именно во втором десятилетии XIX века стали говорить о двух мальцовских промышленных округах — Брянском (металлургическом, машиностроительном) и Гусевском, стекольном. В 1817 г. «Владимирские губернские ведомости» писали: «Во Владимирской губернии заводов находится хрустальных 4 и стекольных 16. Но из самых лучших хрустальных и стекольных заводов почитается... гвардии корнета Сергея Мальцова. На нем бывает лучшая отделка различной хрустальной посуды, которая не уступает даже аглицкой. Особенно сей завод славится отделкой посуды, так называемой брильянтовой». В 1823 г. Сергей Мальцов умер, и вскоре весь «Мальцовский стекольный район», включавший заводы Владимирской, Рязанской, Орловской, Калужской и Смоленской губерний, вновь объединился под началом Ивана Акимовича, который был опекуном Ивана Мальцова, сына Сергея Акимовича [4, 5].

Иван был дипломатом, работал в Министерстве иностранных дел, служил первым секретарем русского посольства в Тегеране, имел придворное звание камергера. В 1831 г. по возвращении из-за границы Мальцов уехал во Владимирскую губернию, где реорганизовал стекольное производство по самой современной технологии. Завод стал выпускать изделия из трехслойного стекла под золото и серебро, хрустальные изделия с алмазной (или бриллиантовой) гранью.

Получив свою долю наследства (по линии отца и матери), Иван Мальцов значительно увеличил состояние. Владея 6 стекольными и 1 хрустальным заводом и бумагопрядильной фабрикой, он основал еще 3 стекольных предприятия. Одно из них — в Уршеле (запомним это название). В Уршельском



урочище Мальцова привлекли не только огромные лесные массивы, но и залежи кварцевого песка, глины и доломита. Новый стекольный завод должен был освободить гусевскую фабрику от выпуска дешевой посуды из простого стекла и тем самым способствовать повышению доходности основного производства.

Все капиталы и имения (в том числе 12 промышленных предприятий) Иван Сергеевич завещал одному

из своих племянников — Юрию Степановичу Нечаеву-Мальцову, который в течение многих лет был его верным помощником [4].

В 1880 г. крупнейшим предприятием был мальцовский завод в селе Гусь. При Нечаеве-Мальцове производство развивалось, возводились новые корпуса, были построены каменная больница и училище для рабочих, а также великолепный храм. Архитектурный проект создал Леонтий

Бенуа (в 1892 г. за этот проект он был удостоен звания профессора архитектуры). Бенуа писал: «В этот храм я вложил все, что мог, и, может быть, он останется лучшим из моих творений» [6]. При этом проект создавался для села, и только в 1900 г., после получения Grand Prix Парижской выставки за изделия хрустального завода, по инициативе Юрия Нечаева-Мальцова Гусь стал зваться местечком Гусь-Хрустальным [5].

Храм был освящен в честь святого Георгия Победоносца в 1904 г. Собор украшен мозаиками по проекту Виктора Васнецова, которые выполнил мастер-мозаичист Владимир Фролов. Полотно «Страшный суд» и мозаика «О тебе радуемся, Благодатная» сегодня можно видеть в здании собора, где размещается музей хрусталя.

Юрий Степанович был человеком ренессансного склада: его интересовало искусство, и он стал главным жертвователем строительства Музея изящных искусств; он увлекался геологией и археологией и был избран почетным членом Московского археологического общества; считал, что возможности технологического развития России безграничны и основал в 1885 г. во Владимире Техническое училище имени И. С. Мальцова, одно из лучших в Европе по техническому оснащению.

По завещанию бездетного Ю. С. Нечаева-Мальцова основная часть его состояния перешла дальнему родственнику, Павлу Игнатьеву. Павел Николаевич организовал на Гусевском заводе производство парфюмерных флаконов, старался обновить промышленное оборудование, создал



акционерное общество для управления стекольными заводами. В 1917 г. все предприятия были национализированы [4].

После революции, в 1921 г., было создано государственное хозрасчетное объединение — Гусь-Хрустальный комбинат. В 1930-е гг. комбинат претерпел значительную реконструкцию. Постепенно деревянные формы заменялись чугунными, внедрялись полуавтоматы для производства прессованных стаканов, началось производство стекловолкна (позднее был организован самостоятельный завод) [7].

Первым предприятием, построенным в Гусь-Хрустальном в советские годы, стал стекольный завод им. Ф. Дзержинского. Оборудование для промышленного гиганта поступало с разных концов страны и из-за границы. Внедрялись новые машины и технологии, впервые для варки стекла был применен газ, полученный из торфа. Первое стекло дзержинцы получили в сентябре 1929 г. Значение Гусь-Хрустального как промышленного центра стало возрастать, рабочий поселок планомерно превращался в город, создавались и новые производства. В это же время Гусь-Хрустальный район вошел в состав вновь образованной Ивановской промышленной области; население района превышало 111 тысяч человек [7].

В годы войны заказы для Красной Армии выполняли машиностроительный завод, текстильная фабрика, на стекольных заводах наладили выпуск медицинских ампул и склянок, термосов, фляжек, термометров. С окончанием войны возросло производство оконного стекла, стеклоблоков и стекловолкна,

необходимых для восстановления хозяйства. В 1944 г. Гусь-Хрустальный район вернулся в состав Владимирской области. В послевоенные годы получили развитие стекольные и машиностроительные заводы, торфопредприятия, текстильная фабрика.

В 1949 г. начался выпуск полированного стекла, первый в Советском Союзе конвейер шлифовки и полировки был пущен на стекольном заводе им. Ф. Дзержинского. Продукция завода использовалась в строительстве самых ответственных объектов, в том числе нового здания Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. В феврале 1963 г. был образован Гусевский промышленный район с центром в городе Гусь-Хрустальном, в состав которого вошли рабочие поселки Анопино, им. Воровского, Великодворский, Золотово, Иванищи, Курловский, Красное Эхо, Мезиновский, Уршельский. В каждом поселке работали стекольные заводы, выпускавшие стеклотару, сортовое и строительное стекло, а также стекловолкно [7].

В 1981 г. Гусь-Хрустальный район был награжден орденом «Знак Почета» за успехи в развитии отечественной стекольной промышленности. В эти годы в районе проживало более 70 тысяч человек.

В книге «Гусь-Хрустальный. Очерки истории Мещёрского края» [7] тысячи имен, фотографий, названия многих десятков предприятий. Даже перелистывая страницы, то и дело останавливаясь: научно-исследовательский институт, театр, съезды художников, фестивали фатьяновской песни, международные экологические экспедиции... Последуем совету Козьмы Пруткова и откажемся от попыток объять необъятное.

Технологии. Эффективность

Пусть простят нас соседи-рязанцы, славящиеся мещёрскими (клепиковскими) ватными фабриками, мы будем писать о стекле (что, собственно, уже и делаем). Итак, после выхода в 1747 г. указа Сената под Москвой было запрещено строить стекольные заводы. Почему? Что за производство такое? Во многих статьях указ называют экологическим и пишут о значительных выбросах загрязняющих веществ. Но основная причина была все же не в этом, а в стремительном сведении лесов на дрова, необходимые для плавления шихты.

По порядку: стекловарение — процесс, известный с древности, и открытие стекла нередко приравнивают к изобретению колеса и электричества. В учебниках пишут, что стекло знали египтяне, и самую древнюю бусинку археологи датируют XXXV веком до нашей эры. Процесс выдувания стекла получил распространение 50 тысяч лет тому назад, а в Средневековье получило распространение остекление окон готических соборов. Центром стекловарения стала Венеция, куда переносились новейшие технологии с Востока. Производство стеклянных изделий было важнейшим ремеслом: в XIII веке в Венеции работали более 8000 стеклодувов. При этом запрещалось разглашать секреты производства, ввозить иностранное стекло и нанимать иностранцев на работу, а также вывозить сырье для выпуска стекла [8]. Какое сырье (это из Венеции-то?), не указывается.

Традиционная технология промышленного способа получения стекла состоит из следующих стадий: подготовка сырьевых материалов (дробление, сушка, просеивание), приготовление шихты (дозирование сырьевых компонентов и их смешивание),

варка, формование изделий, отжиг, обработка (термическая, химическая, механическая). В зависимости от назначения стекла сырье для его изготовления содержит различные оксиды и минералы. Кремнезем, являющийся главной составной частью стекла, вводят в шихту в виде кварцевого песка или молотого кварца. Для варки высококачественных бесцветных стекол песок очищают физическими и химическими способами; размер зерен песка — 0,2–0,5 мм. В₂O₃ вводят в виде буры или борной кислоты; P₂O₅ — в виде фосфатов или фосфорной кислоты; Al₂O₃ — в виде глинозема, каолина, глины, полевого шпата; Na₂O — в виде соды (Na₂CO₃); K₂O — как K₂CO₃ или KNO₃; CaO — в виде мела или известняка; BaO — как BaCO₃, Ba(NO₃)₂ или BaSO₄; MgO — в виде доломита или магнезита. Вспомогательными материалами шихты являются обесцвечиватели, красители, глушители, восстановители и др. [8].

Стекловарение — это процесс получения однородного расплава, который условно подразделяют на несколько стадий: образование силикатов, стеклообразование, осветление, гомогенизация, охлаждение. В настоящее время варку стекла проводят в печах непрерывного действия — газопламенных (в том числе с дополнительным электроподогревом) и электрических. На первой стадии в печи происходит образование силикатов и других промежуточных соединений, появляется жидкая фаза. Этот этап завершается при 1100–1200 °C. На стадии стеклообразования (при 1200–1250 °C) растворяются остатки шихты, происходит взаимное растворение силикатов, удаляется пена и образуется относительно однородная стекломасса. На стадии осветления (при 1500–1600 °C, длительность — до нескольких суток) происходит удаление

из расплава газовых пузырей (CO₂, SO₂, O₂ и др.). Для ускорения процесса используют добавки, снижающие поверхностное натяжение стекломассы. Одновременно с осветлением происходит гомогенизация — усреднение расплава по составу — при перемешивании стекломассы мешалками из огнеупорных материалов. На стадии охлаждения температуру стекломассы равномерно снижают до 400–500 °C и тем самым готовят к формованию. Формование изделий осуществляют различными способами — прокатом, прессованием, прессвыдуванием, выдуванием и другими на специальных стеклоформирующих машинах [8, 9].

Эффективность процесса производства стекла в целом зависит от эффективности каждой стадии, и при совершенствовании технологии уделяют внимание как стекловарению и формованию изделий, так и подготовке сырья и приготовлению шихты. К формованию изделий мы еще обратимся, обсуждая разработку и выпуск формокомплектов. В учебниках 1980–1990 гг. обычно говорится о безотходности производства стекла [10], и с точки зрения использования сырьевых материалов и введения стеклобоя в шихту это корректная позиция. Но не с точки зрения энергопотребления. Производство стекла — весьма энергоемкий процесс, поэтому источник энергии, методы нагрева и утилизации теплоты являются определяющими для разработки конструкции печи, энергоэффективности и экономической эффективности процесса стекловарения. Те же факторы определяют экологическую результативность процесса.

Выбор метода стекловарения определяется экономическими и технологическими факторами, основные из которых следующие: требуемая производительность, состав стекла, связанные капитальные



Фото: Д. Хаустова

и текущие затраты в течение продолжительности кампании печи, в том числе цены на топливо, существующая инфраструктура. При этом технологические и экономические требования являются определяющими. Важная часть текущих затрат — это затраты на энергию, и обычно выбирают наиболее энергоэффективную конструкцию.

В большинстве подотраслей стекольной промышленности используются большие печи непрерывного действия, обычные сроки эксплуатации



Фото: Д. Хаустова

которых составляют 5–12 лет, в некоторых случаях до 20 лет. Энергопотребление печи растёт по мере увеличения срока ее эксплуатации. Теоретический минимум удельного потребления энергии на стекловарение составляет 2,74 ГДж/т; реально достигнутые минимальные значения этого показателя близки к 4,0 ГДж/т сваренной стекломассы в начале кампании печи. При производстве различных видов продукции удельное потребление энергии изменяется от 6 до 60 ГДж/т и может рассчитываться как на единицу сваренной стекломассы, так и на единицу готовой продукции. Это очень важно, так как энергоэффективность производства в целом определяется тем, сколько готовой продукции получено (и отгружено) при использовании единицы энергии,

хотя обычно считают именно удельное энергопотребление — затраты энергии (в гигаджоулях) на выпуск единицы продукции (в тоннах) [9].

В качестве примера рассмотрим производство стеклотары на Уршельской площадке ООО «Красное Эхо». Да, той самой площадке, где в 1858 г. впервые заработала гута Ивана Мальцова. Полтора века назад в гуте разместили две круглые стекловаренные печи — основную и запасную с восемью горшками для варки стекломассы. Здесь же расположили печи для сушки дров и отжига изделий. Рядом срубили составную, гончарную, кузницу, склады для хранения сырья и посуды. Невдалеке возвели 16 приземистых изб на две половины для семей мастеровых и три

казармы для приписных крестьян. В фонде канцелярии Владимирского губернатора сохранилась ведомость, в которой указано: «Уршельская хрустальная фабрика тайного советника и кавалера Ивана Сергеевича Мальцова начала свои действия и с 15 мая по 1 ноября 1858 г. сработала 44 752 судов (так тогда называли аптечную посуду). Работали на фабрике 96 человек, в том числе 48 мастеровых. В 1861 г. на Уршельской хрустальной фабрике было выработано посуды на 74 254 рубля серебром». Вскоре была введена в действие еще одна стекловаренная печь. Количество рабочих увеличилось до 163 человек, а в 1870 г. до 275 человек. Ряды стеклоделов пополняли жители окрестных деревень, земли которых не могли прокормить крестьянские семьи. В начале 1880-х гг. на заводе было уже 4 стекловаренных печи с 17 горшками. Фабрика выпускала сортовую и аптекарскую посуду, рынками сбыта были Москва, Санкт-Петербург, Нижегородская и Ирбитская ярмарки [4].

И все же ситуационное исследование мы начнем с 2013 г., когда братья Дмитрий и Михаил Клеggi приняли решение о проведении «холодного ремонта» — фактически о создании нового производства стеклотары в поселке Уршельском, где функционировало предприятие ООО «Красное Эхо».

Сегодня миссия компании состоит в удовлетворении потребностей растущего рынка продуктов питания и напитков в качественной, безопасной и экологичной стеклянной упаковке. ООО «Красное Эхо» достигает этого, последовательно совершенствуя производственные процессы, внедряя передовые технологии, обеспечивая высокую ресурсоэффективность и минимизируя негативное воздействие на окружающую

среду [11]. Уршельская площадка расположена в границах национального парка «Мещёра», более того, в течение нескольких лет Уршельский был столицей парка, там и сейчас действует центр для посетителей.

Отступление: Клеgg — фамилия английская, в 1898 г. Джон Эдвард Клеgg, мастер (технолог) прядильного производства, получил приглашение приехать в Россию, а пригласил его Савва Тимофеевич Морозов. Морозов обучался в Манчестере и высоко ценил знания, умения и навыки (теперь сказали бы компетенции) английских мастеров. Джон Клеgg работал в Богородске, Балашихе, Покрове (промышленных центрах московской Мещёры), а в 1910 г. переехал в Собинку (это уже Владимирская губерния). В 1915 г. Джозеф Эдж, земляк Джона, предложил ему переехать в Гусь-Хрустальный. Говорят, что до Джона в Гусе жили и работали Эдвард Клеgg (прядильщик) и Гартли Клеgg, но к моменту переезда в Гусь-Хрустальный Джона они уже покинули город. В 1927 г. Джон, которого в городе называли Иваном Эдуардовичем, скончался [12].

Старший сын Джим окончил в 1929 г. десятилетку, а в 1931 г. поступил в Ивановский химико-технологический университет, где получил специальность инженера химика-технолога [12]. В некоторых статьях после слова инженер ставят запятую, но специальность написана верно, она так и просуществовала до XXI века, пока силикатные факультеты вузов не начали выпускать бакалавров.

Джим Джонович, Юрий Джимович, а теперь Михаил и Дмитрий Юрьевичи Клеggi (по-русски все чаще проносят фамилию во множественном числе) — инженеры химико-технологи, специалисты в технологии

стекла, руководители предприятий, которые являются лидерами производства стеклотары в России.

Итак, в 2013 г. на Уршельской площадке действовало производство стеклотары. Если сравнить характеристики предприятия с технологическими показателями наилучших доступных технологий (НДТ), установленные в информационно-техническом справочнике ИТС 5-2015 [9], то можно видеть соответствие как в части выброса основных загрязняющих веществ, так и в части потребления сырья и энергии. Технологические показатели для выбросов маркерных веществ — оксидов азота в пересчете на NO₂, монооксида углерода СО и неорганической пыли (суммарно) установлены в удельных единицах (кг на тонну стекломассы) и утверждены приказом Министерства природных ресурсов и экологии. Показатели ресурсной эффективности детально обсуждаются в тексте справочника, и практики всегда сопоставляют затраты энергии с теми значениями, которые приведены в ИТС 5-2015 в качестве ориентировочных — от 10 до 13 ГДж/т стекломассы. Эти показатели определены в результате сравнительного анализа (бенчмаркинга), проведенного в 2015 г. с использованием результатов анкетирования российских предприятий и данных, предоставленных экспертами [13].

На семинаре, состоявшемся в конце 2020 г., технологи отечественных заводов говорили, что последовательная модернизация производства стеклотары в России привела к сокращению удельного энергопотребления в среднем до 6–8 ГДж/т стекломассы. Эти сведения предстоит уточнить при актуализации ИТС 5-2015 в 2022 г.; более того, показатели ресурсной эффективности теперь включаются в информационно-технические справочники в обязательном порядке [14].

В результате масштабной реконструкции стекольного производства на Уршельской площадке предприятия установлены две современные стекловаренные печи, а устаревшие стеклоформующие автоматы заменены на новые, работающие в двух- и трехкапельном режимах. Проведена замена холодных участков с установкой линий транспортировки и упаковки, а также контрольных автоматов.

Если вновь обратиться к факторам, которые определяют эффективность производства в целом, следует уделить внимание формокомплектам, оснастке, предназначенной для формирования стеклотары (банок, бутылок). Оснастка устанавливается на стеклоформующие машины, и ее качество оказывает значительное влияние на качество готовой продукции, а тем самым и на коэффициент использования стекла.

Поэтому руководством предприятия было принято решение об организации собственного производства формокомплектов. Оно было создано на основе самых современных технологий, оснащено новейшим оборудованием и позволяет сегодня производить литье и формокомплекты отменного качества, отвечающие требованиям самых жестких (в том числе европейских) стандартов. Применяемые технологии литья, высокая точность и качество обработки деталей обеспечивают необходимые свойства формокомплектов из чугуна и бронзы, которые применяются при производстве стеклотары [11]. Использование программных комплексов цифрового проектирования, моделирования и последующего автоматизированного изготовления формокомплектов позволяет с высокой степенью точности учитывать такие параметры, как масса изделия, его дизайн, объем наливаемой жидкости и ряд специфических технологических требований.



Таким образом, в настоящее время на Уршельской площадке:

- ▶ функционируют две современные стекловаренные печи суммарной производительностью 560 т стекломассы в сутки;
- ▶ удельное энергопотребление составляет ~ 4,5 ГДж/т стекломассы;
- ▶ коэффициент использования стекла достигает 0,94;
- ▶ доля стеклобоя в шихте составляет 10–12%;
- ▶ выбросы загрязняющих веществ соответствуют требованиям НДТ и действующей разрешительной документации;
- ▶ удельные выбросы парниковых газов близки к 350 кг СО₂-экв./т стекломассы.

Производство экспортно-ориентированное, до 50% продукции поставляется за рубеж. Хотя стеклянная тара не вошла в перечень продукции, которая в первую очередь будет испытывать давление

СВАМ — пограничного углеродного корректирующего механизма [15, 16], руководство предприятия внимательно изучает как особенности новых европейских требований, так и возможности разработки и установления российских бенчмарков.

Рассмотрим концепцию СВМ (Carbon Border Adjustment Mechanism) несколько подробнее. Она тесно связана с Европейской схемой торговли выбросами парниковых газов, в рамках которой на первом и втором этапах (2005–2012 гг.) все квоты на выбросы таких газов промышленным установкам, включенным в схему торговли, выдавались бесплатно. Поэтому бенчмарки — пороговые значения удельных выбросов, установленные на уровне, достигнутом 10% лучших предприятий, — не использовались, но поскольку был введен детальный учет выбросов этих установок (аналогичный процесс происходит сейчас

в России), появилась информационная база для последующей разработки системы бенчмаркинга. Такая система была введена в Европейском союзе в 2013 г., когда часть выбросов стала платной — именно та часть, которая превышала установленные Европейской комиссией значения — бенчмарки. При этом бенчмарки последовательно ужесточались. Однако компонента «цены углерода» (выбросов парниковых газов) в рамках Европейской схемы торговли выбросами не превышала 0,65% стоимости материалов для 95% европейских промышленных секторов. В четвертой фазе (2021–2030 гг.) функционирования схемы отрасли, производящие 94% выбросов парниковых газов промышленностью, все еще получают большую часть квот или все квоты бесплатно [15].

Стеклотара входит в перечень 54 видов продукции, для которых установлены бенчмарки и на которые постепенно распространится (как ожидается) действие CBAM. Сам корректирующий механизм требует от европейских потребителей продукции, выпущенной в странах, где меры углеродного регулирования менее жесткие, чем в Европейском союзе, вносить в бюджет своих государств «корректирующие» платежи, что не может не сказаться на ценах на экспортируемую продукцию. Будут ли они приемлемыми (выгодными?) для российских производителей, сказать сложно (в июле 2021 г. цены на выбросы превысили 50 евро/т CO₂-экв.) и на первых порах следует наблюдать за тем, как развивается система для продукции, подпадающей по действие пограничного углеродного корректирующего механизма в первую очередь [15, 16].

Достигнутые ООО «Красное Эхо» удельные выбросы парниковых газов на уровне 378 кг CO₂-экв./т

стекломассы еще в прошлом году соответствовали европейскому бенчмарку (382 кг CO₂-экв./т), действовавшему в 2018–2020 гг. Однако в 2021 г. были установлены новые требования, и бенчмарк для бесцветной стеклотары был снижен до 237 кг CO₂-экв./т стекломассы [17]. Возможности дальнейшего снижения выбросов парниковых газов связаны с увеличением доли стеклобоя в шихте (стороннего, так как возвращение собственного стеклобоя должно быть обеспечено «по умолчанию», и в ООО «Красное Эхо» это требование соблюдается строго, но чем больше «своего» стеклобоя, тем меньше коэффициент использования стекла). Очевидное, казалось бы, решение, но оно требует серьезного изменения нормативной правовой базы, так как рецикл стеклобоя — очень сложный с регуляторной точки зрения процесс, а стеклобой, который добавляется к шихте, должен отвечать строгим требованиям к качеству, составу, примесям и др. Кстати, новый бенчмарк 2021 г. был установлен с учетом того, что на европейских предприятиях шихта может содержать до 80% стеклобоя. Он тоже отчасти «свой»: заводы по производству пива, например, часто практически объединены со стекольными, а возврат стеклотары из ресторанов, кафе и даже из магазинов налажен безукоризненно.

Есть также возможности дальнейшего увеличения эффективности стекловарения и использования электроподогрева [18]. Но реализация таких возможностей происходит на стадии «холодного ремонта» — фактически при реконструкции предприятия. Стекловаренная кампания продолжается около 15 лет, поэтому речь идет о стратегическом планировании, о выборе решений, которые будут определять эффективность производства после 2030 г.

Природа. Общество. Промышленность

Эта глава — нечто вроде заключения, но после обычного рассуждения о том, что проанализированные подходы к развитию производства, сбережению природных ресурсов и сокращению негативного воздействия на окружающую среду и климатическую систему могут быть тиражированы в других регионах и отраслях, мы хотим вернуться к самому началу рассказа о Мещёре.

Ситуационные исследования («зеленые кейсы») обычно посвящены сравнительному анализу ресурсной эффективности промышленных предприятий и симбиозов по принципу «до и после»: до реконструкции и в результате ее проведения, до создания экотехнопарка и при замыкании в цикл потоков вещества и энергии в эколого-экономической системе [19]. Однако, говоря о Мещёре, нельзя не вспомнить об охраняемых природных комплексах, об истории российского предпринимательства и становления отечественной стекольной промышленности, о взаимосвязи экономических, экологических и социальных целей развития общества.

Василий Иванович Немирович-Данченко (старший брат Владимира Ивановича, русского театрального режиссера, драматурга, педагога) писал о Мальцовских промышленных районах так: «Царство это является оазисом среди окружающего бездорожья и бескормицы. Тут работают более ста заводов и фабрик; на десятках образцовых ферм обрабатывается земля... Тут люди пробуравили землю и... копошатся в ней, вынося на свет Божий ее скрытые богатства; отсюда добрая часть нашего отечества снабжается стеклом, фаянсом, железом, сталью, паровозами, вагонами, рельсами, паркетам, всевозможными машинами, земледельческими орудиями; развиваются новые

производства и, несмотря на наше экономическое оскудение, на отсутствие заказов, поддерживаются старья... Здесь нет роскоши и излишеств, — нет и нищеты, нет и голодовок. Мне этот край представляется примером того, как плодотворны могут быть даже и у нас неутомимая энергия, знание и ум, если они не растрачиваются вместе с наследием предков в столице, а уносятся на дно, в глубь России, где в течение нескольких десятков лет, не смущаясь от неудачи и переживая всевозможные невзгоды, делают свое кровное, честное дело» [20].

Пытаться перефразировать бесполезно: сказано все, сказано лаконично и однозначно. В некоторых публикациях мальцовский стиль управления называют патернализмом [4, 5], однако это патернализм не государственной власти, а предпринимателей. Систему ценностей Мальцовых (по крайней мере в XIX–XX веках) считали образцом ответственного ведения дел все исследователи, которые обращались к истории семьи (в книгах Н. М. Арсентьева и А. А. Макушева сотни ссылок на труды историков, экономистов, социологов, публицистов) [4, 5].

Более двух с половиной веков во Владимирской Мещёре работают стекольные заводы. Водохранилище на реке Гусь (которое часто называют городским озером) создали промышленники, и сегодня Гусь-Хрустальный немислим без водного зеркала, обрамленного белыми пляжами и сосновым лесом. Обсуждая истоки добровольной экологической (социально-экологической) деятельности, авторы, хорошо знакомые с историей Мещёры [21], вспоминают семью Мальцовых наряду с династиями Демидовых, Прохоровых, Морозовых и подчеркивают «принцип Прохорова»: «Человеку нужно стремиться к тому, чтобы иметь лишь необходимое в жизни; раз это достигнуто, то оно

может быть и увеличено, но увеличено не с целью наживы, — богатство ради богатства, — а ради упрощения нажитого и ради ближнего».

Архитектурный образ центра города создан Леонтием Бенуа и Григорием Леви, Георгиевский собор Сергей Нечаев-Мальцов мечтал построить в Гусе, чтобы люди стремились приехать, увидеть чудесный храм, несмотря на то что расположен он далеко от столиц [22]. Улучшение условий труда, строительство школ, училищ, храмов, богаделен, благоустройство и озеленение городов и поселков — все это и составляет черты ответственного предпринимательства. Сегодня мы сказали бы: вклад в достижение целей устойчивого развития, развития, предполагающего баланс экономических, социальных и экологических интересов развития общества [23].

В 1992 г., обсуждая подходы к зонированию национального парка с международными экспертами, российские специалисты услышали уверенное: «В пределах особо охраняемой природной территории могут и должны развиваться исторические производства — сельскохозяйственные предприятия, стекольные заводы, но структуру экономики

надо диверсифицировать. Необходимо усилить внимание к туризму, сделать стекловарение тем особым ремеслом, искусством, ознакомиться с которым посетители будут стремиться не меньше, чем насладиться природными красотами Мещёры и архитектурными особенностями городов и деревень» [3].

Сегодня в Гусь-Хрустальном районе устойчиво развивается и сосуществует с национальным парком промышленность. Современные предприятия производят продукцию высокого качества для внутреннего рынка и экспортируют стеклотару, сортовое стекло и стекловолокно за рубеж. Многие производства и рабочие места с уверенностью можно назвать высокотехнологичными. Новые проекты задумываются с учетом последних научно-технических достижений и требований экологического законодательства и углеродного регулирования.

Во Владимирской Мещёре гостей ждут туристические маршруты, гармонично сочетающие посещение исторических достопримечательностей, природных комплексов и стекольных производств. Вскоре откроет двери театр. Но это уже другая история, пусть и близкая к нашему ситуационному исследованию, но другая.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мещёра // Большая советская энциклопедия. Т. 27. М.: Советская энциклопедия, 1954. С. 402.
2. Косякова А. Ю., Заколдаева А. А., Трушина О. С. Национальный парк «Мещёра». — Рязань: НП «Голос губернии», 2017. — 208 с.
3. Пичугин А. А., Смит М. Э. Впечатления о Мещёре. — Хатфилд: Хартфордширский университет, 1992. — 36 с.

4. Арсентьев Н. М., Макушев А. А. Хрустальные короли России. Промышленное хозяйство и предпринимательская деятельность Мальцовых в XVIII–XIX веках. — М.: Наука, 2002. 304 с.
5. Арсентьев Н. М., Макушев А. А. Российские предприниматели Мальцовы. Саранск: Мордовское книжное издательство, 2006. — 268 с.

6. Бенуа Ф. Ф. Краткая история Бенуа в России. М.: Реноме, 2020. — 128 с.
7. Васильев С. Ю. Гусь-Хрустальный. Очерки истории Мещёрского края. — Гусь-Хрустальный: Изд-во «Мещёра», 2006. — 350 с.
8. Саркисов П. Д., Орлова Л. А. Стекло неорганическое // Химическая энциклопедия. Т. 4. — М.: Большая российская энциклопедия, 1995. С. 835–840.
9. ИТС 5-2015. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Производство стекла». URL: http://burondt.ru/NDT/docs/hdt-5/index.html#_Toc437510940.
10. Зайцев В. А. Безотходное производство. — М.: МХТИ им. Д. И. Менделеева, 1990. — 108 с.
11. Официальный сайт ООО «Красное Эхо». URL: <http://red-echo.ru/about/>
12. Шохрин В. Е. От текстильщика — к стекловару // Владимирские ведомости. 10.09.2010. URL: <https://vedom.ru/news/2010/09/10/1773-ot-tekstilschika>.
13. Гусева Т. В., Бегак М. В., Молчанова Я. П., Аверочкин Е. М., Вартанян М. А. Перспективы внедрения наилучших доступных технологий и перехода к комплексным экологическим разрешениям в производстве стекла и керамики // Стекло и керамика. 2014. № 7. С. 26–36.
14. Гусева Т. В., Тихонова И. О., Цевелев В. Н., Щелчков К. А., Аверочкин Е. М. Направления оптимизации технологического нормирования производства тарного стекла: наилучшие доступные технологии, нормы общего действия и углеродоемкость продукции // Стекло и керамика. 2021. № 10.
15. Башмаков И. А., Башмаков В. И., Дзедзичек М. Г. и др. СВМ. Последствия для российской экономики. М.: ЦЭНЭФ-XXI век, 2021. — 140 с.
16. Башмаков И. А., Скобелев Д. О., Борисов К. Б., Гусева Т. В. Системы бенчмаркинга по удельным выбросам парниковых газов в черной металлургии // Черная металлургия. Бюллетень

научно-технической и экономической информации. 2021. Т. 77. № 9. С. 1071–1086.
17. Commission Implementing Regulation (EU) 2021/447 of 12 March 2021 determining revised benchmark values for free allocation of emission allowances for the period from 2021 to 2025 pursuant to Article 10a(2) of Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2021/447.
18. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass / European Commission. Joint Research Centre. Institute for prospective technological studies, 2013. URL: https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/GLS_Adopted_03_2012_0.pdf.
19. Рудомазин В. В., Тихонова И. О. «Зеленые кейсы»: принципы региональных и отраслевых исследований // Ресурсная экономика, изменение климата и рациональное природопользование. Материалы XVI Международной научно-практической конференции Российского общества экологической экономики. Красноярск, 2021. С. 157–158.
20. Немирович-Данченко В. И. Америка в России // Русская мысль. Журнал научный, литературный и политический. 1882. Книга I. URL: <http://xn—100-hddjyschbbs5r.xn—p1ai/upload/America%20in%20Russia/Russ.%20misl.PDF>.
21. Гусева Т. В., Хачатуров А. Е., Макаров С. В., Заика Е. А., Хотулева М. В. Добровольная экологическая деятельность: неиспользуемые возможности. — М.: Эколайн, 1999. — 60 с.
22. Гусева Т. В., Дайман С. Ю., Михайлиди Д. Э., Хачатуров А. Е., Хотулева М. В. Как наладить диалог с ответственностью. — М.: Эколайн, 1998. — 64 с.
23. Hjort M., Skobelev D., Almgren R., Guseva T., Koh T. Best Available Techniques and Sustainable Development Goals // Proceedings of the 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. Is. 5.2. Pp. 185–192.

УДК 338.24

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И ПОВЫШЕНИЕ
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ В БАРЕНЦЕВОМ
ЕВРО-АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND INDUSTRIAL
ENTERPRISES COMPETITIVENESS INCREASING
IN THE BARENTS EURO-ARCTIC REGION



Д. О. Скобелев

директор ФГАУ «НИИ «ЦЭПП», к. э. н.

С. В. Федосеев

директор Института экономических
проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН

Для цитирования:

Скобелев Д. О., Федосеев С. В. Устойчивое развитие и повышение конкурентоспособности промышленности в Баренцевом Евро-Арктическом регионе // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2021. № 2. С. 7–19. DOI: 10.37614/2220-802X.2.2021.72.001

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены возможности повышения конкурентоспособности российских промышленных предприятий, открывающиеся в условиях развития промышленной политики повышения ресурсной эффективности. Проанализированы особенности толкования терминов «устойчивое развитие» и «конкурентоспособность» в отечественных и иноязычных публикациях. Прослежены современные тенденции изменений во внешней среде, которые могут стать источниками формирования конкурентных преимуществ организации или причинами потери устойчивости. К числу наиболее значимых изменений отнесены: усиление позиций промышленной политики в России и за рубежом; расширение понимания сути и географического охвата регулирования на основе наилучших доступных технологий (НДТ); продвижение ресурсоэффективных и низкоуглеродных технологий и формирование нового сегмента международного рынка таких технологий; создание основ экономики замкнутого цикла и ее связь с ресурсоэффективным и низкоуглеродным развитием; развитие системы ответственного инвестирования, направленной на поддержку достижения

целей устойчивого развития. Проанализированы основные принципы ответственного инвестирования (Environment Social Governance (ESG)) и Хартии бизнеса «За устойчивое развитие» и продемонстрирована их тесная взаимосвязь и направленность на формирование новых правил конкурентной борьбы. Приведены результаты ситуационных исследований, выполненных в горнодобывающей и целлюлозно-бумажной отраслях. Исследовано соответствие проектов эколого-технологической модернизации АО «Ковдорский горно-обогатительный комбинат» и АО «Монди Сыктывкарский ЛПК» требованиям ESG-инвестирования. Рассмотрена процедура исключения российских предприятий из перечня экологических «горячих точек» Баренцева Евро-Арктического региона на основании результатов оценки проектов, отвечающих требованиям НДТ и ответственного инвестирования. Сделан вывод о необходимости учета принципов устойчивого развития и требований ответственного инвестирования при разработке программ эколого-технологической модернизации российских предприятий в условиях международной конкуренции.

Ключевые слова:

устойчивое развитие, промышленная политика, ресурсная эффективность, наилучшие доступные технологии, ответственное инвестирование, конкурентоспособность, Баренцев Евро-Арктический регион.

Dmitry O. Skobelev

Research Institute “Environmental Industrial
Policy Center”

Sergey V. Fedoseev

Luzin Institute for Economic Studies of the Kola
Science Centre of the RAS

For citation:

Skobelev D. O., Fedoseev S. V. Sustainable development and industrial enterprises competitiveness increasing in the Barents Euro-Arctic region. Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poriadka [The North and the Market: Forming the Economic Order], 2021, No. 2, pp. 7–19. DOI: 10.37614/2220-802X.2.2021.72.001

ABSTRACT

The article considers possibilities for increasing competitiveness of Russian industrial enterprises during the development of resource effective industrial policy. The authors discuss the meaning and interpretation of “sustainable development” and “competitiveness” used in national and international scientific publications. The article traces current trends in the external environment that can contribute to organization’s competitive advantages or cause the stability loss. The most significant changes include: the strengthening of industrial policy at national and international levels; broadening the understanding of essence and geographic scope of regulation based on the principles of best available techniques; promoting resource efficient and low-carbon technologies and formulating new international marketing segment for such technologies; establishing approaches for circular economy and links to resource efficient and low-carbon development; developing responsible investment system supporting activities related to meeting sustainable development goals. The

authors analyse the basic principles of Environment Social Governance (ESG) and Business Charter for Sustainable Development and demonstrate their impact on the development of new competition rules. The paper presents results of case studies carried out in pulp and paper production and mining industry: environmental and technological modernization projects of JSC “Kovdor Mining and Benefication Plant” and JSC “Mondi Syktyvkar” and compares these projects with the ESG investment principles. The procedure for excluding Russian installations from the list of environmental “hot spots” of the Barents Euro-Arctic Region is analysed and project assessment results meeting requirements of Best Available Techniques and responsible investment are considered. The paper concludes with the statement that in order to increase the level of international competitiveness of Russian industries it is necessary to take into account sustainable development principles and ESG principles while developing environmental and technological modernization programmes of Russian enterprises..

Keywords:

sustainable development, industrial policy, resource efficiency, Best Available Techniques, ESG-investing, competitiveness, Barents Euro-Arctic region.

ВВЕДЕНИЕ. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В XXI в. значительно возросло и продолжает расти число и разнообразие публикаций, посвященных вопросам устойчивого развития и повышения конкурентоспособности предприятий в условиях глобальных вызовов. При этом нельзя сказать, что есть четкие и однозначно понимаемые определения этих терминов и их взаимосвязи.

Самодостаточное, казалось бы, и даже формализованное на международном уровне понятие устойчивого развития [1, 2] все чаще сопровождается уточнением — экологически устойчивое развитие или экологическое развитие [3]. Отчасти это вызвано усилением климатических изменений, которые воспринимаются как глобальная угроза. Международные эксперты подчеркивают, что устойчивое развитие и поддержание устойчивости биосферы имеют общую долгосрочную цель — распространение ресурсно- и энергетически эффективных и социально ориентированных практик и бережное отношение ко всем природным ресурсам, будь они исчерпаемыми (такими, как полезные ископаемые) или возобновляемыми (такими, как воздух, вода, леса) [4]. В ряду целей устойчивого развития (ЦУР) есть цели, непосредственно адресованные промышленности (ЦУР 8 «Достойная работа и экономический рост», ЦУР 9 «Индустриализация, инновации и инфраструктура», ЦУР 12 «Ответственное потребление»), и цели, которые носят прежде всего социальный или экологический характер. Но и в достижении экологических и климатических целей промышленность играет ключевую роль [5].

Исторически сложилось так, что, рассуждая об устойчивом развитии промышленности,

российские специалисты прежде всего оценивают устойчивость финансового положения и производственно-хозяйственной деятельности, устойчивость ресурсного обеспечения и технологической базы, устойчивость инвестиционных программ, в том числе направленных на модернизацию производства и внедрение инноваций [6]. В англоязычных публикациях устойчивость промышленности рассматривают в контексте возможностей получения выгод для развития бизнеса за счет разработки и внедрения технологий и систем менеджмента, обеспечивающих рациональное (устойчивое) использование ресурсов (сырья, энергии, воды) [7, 8]. Эти позиции не противоречат друг другу, несмотря на различные приоритеты анализа устойчивости.

При оценке конкурентоспособности учитывается критерий субъектности; субъектами, носителями конкурентных преимуществ, могут быть виды продукции и услуг, предприятия, объединения, отрасли, регионы, страны [9]. При этом конкурентоспособность — понятие относительное, фактически это способность определенного субъекта отвечать запросам заинтересованных сторон в большей степени, чем отвечают его конкуренты [10–12]. Но и предпочтения клиентов и заинтересованных сторон все в большей степени отражают вызовы и ЦУР, сформулированные Организацией Объединенных Наций [1, 2]. В 2015 г. Международная торговая палата (МТП, International Chamber of Commerce) опубликовала Хартию бизнеса «За устойчивое развитие» (Business Charter For Sustainable Development — Business Contributions to the UN Sustainable Development Goals). Уже сам факт того,

что документ подготовлен МТП незамедлительно после принятия ЦУР¹, свидетельствует о формировании новых правил конкурентной борьбы — правил, зеркально отражающих приоритеты ЦУР¹. Это обстоятельство учитывается при разработке и реализации программ международного сотрудничества, в том числе региональных.

Цель исследования — анализ возможностей повышения конкурентоспособности промышленных предприятий Баренцева Евро-Арктического региона путем внедрения НДТ, улучшения ресурсной и экологической эффективности производства и практического применения принципов ответственного инвестирования.

Экологические «горячие точки» Баренцева Евро-Арктического региона: аспекты ресурсной и экологической эффективности и повышения конкурентоспособности

Экологические «горячие точки» Баренцева Евро-Арктического региона определены как объекты, оказывающие значительное негативное воздействие на окружающую среду и расположенные в республиках Карелия и Коми, Ненецком автономном округе, а также в Архангельской и Мурманской областях. В 2003 г. Перечень «горячих точек» насчитывал 42 объекта, к которым были отнесены как промышленные предприятия и организации, занимающиеся очисткой коммунальных сточных вод (восемнадцать «горячих точек»), так и объекты накопленного экологического ущерба, загрязненные участки земель, затопленные суда и др. (рис. 1) [13]. Критерии включения объектов в перечень «горячих точек» нельзя назвать строгими, хотя они были классифицированы по отраслям;

в ряде случаев были указаны также приоритетные (по мнению экспертов) проблемы. Позднее для ряда объектов были предложены направления разработки инвестиционных проектов для повышения ресурсоэффективности и минимизации негативного воздействия на окружающую среду [14]. Для выполнения проектов оценки экологической эффективности Воркутинского цементного завода и реконструкции предприятий водоснабжения и водоотведения были привлечены средства Северной экологической финансовой корпорации (НЕФКО); результаты одного из проектов описаны в статье, опубликованной в 2020 г. [15]. Компании целлюлозно-бумажной отрасли разработали и реализовали программы повышения ресурсной и экологической эффективности

производства за счет других средств [16], в том числе в соответствии с требованиями законодательства о НДТ [17, 18].

До 2019 г. исключение из перечня экологических «горячих точек» происходило преимущественно по сокращенной административной процедуре, на основании рассмотрения обращений руководства предприятий и так называемых отчетов о скрининге. Переход к технологическому нормированию на основе НДТ открыл новые возможности: международные и российские эксперты приняли процедуру исключения промышленных объектов по результатам оценки результатов внедрения НДТ и достижения соответствия требованиям технологических показателей.

Впервые полную процедуру исключения прошли АО «Монди Сыктывкарский ЛПК» («Монди-СЛПК») и АО «ПКС — Водоканал» (г. Петрозаводск) [19]. Подчеркнем, что оценка ретроспективных программ повышения экологической эффективности (ППЭЭ) была проведена при участии экспертов НДТ из России и стран Северной Европы, а результаты обсуждены на международных семинарах и совещаниях, организованных в Сыктывкаре, Петрозаводске, Санкт-Петербурге, Москве и Лулео, и использованы для разработки и реализации программ повышения квалификации кадров в области НДТ [20, 21]. В ходе семинаров обсуждались также принципы ответственного инвестирования и повышение конкурентоспособности компаний, исключенных из перечня экологических «горячих точек». Еще в 1980-е гг. Майкл Портер подчеркивал, что существует ряд изменений во внешней среде, которые могут стать

источниками формирования конкурентных преимуществ организации или причинами потери устойчивости. Это новые технологии и изменение стоимости или доступности компонентов производства или ресурсов; изменение запросов и предпочтений клиентов; появление новых сегментов рынка; изменение национального или международного регулирования [22]. Через сорок лет, с учетом особенностей развития промышленной и экологической политики на международном и национальном уровнях, изменения во внешней среде можно определить следующим образом:

- 1) ренессанс промышленной политики в государствах — членах Европейского союза, Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) [23] и активное формирование промышленной и экологической промышленной политики в Российской Федерации [23];
- 2) расширение понимания сути концепции НДТ, усиление внимания к ресурсной эффективности промышленности и расширение географического охвата регулирования на основе НДТ [24];
- 3) появление и расширение сферы применения низкоуглеродных технологий и продукции (нового сегмента рынка) [25, 26]; с 2008 г. даже издается специализированный журнал — International Journal of Low-Carbon Technologies²;
- 4) формирование экономики замкнутого цикла, изменение предпочтений клиентов и широкого круга заинтересованных сторон (на международном и национальном уровнях) [27, 28]; 5) создание системы ответственного инвестирования в порядке поддержки достижения ЦУР [29, 30].

¹ ICC Business Charter for Sustainable Development — Business contributions to the UN Sustainable Development Goals. URL: <https://iccwbo.org/publication/icc-business-charter-for-sustainable-development-business-contributions-to-the-un-sustainable-development-goals/> (дата обращения: 12.05.2021).

² International Journal of Low-Carbon Technologies. URL: <https://academic.oup.com/ijlct> (дата обращения: 12.05.2021).

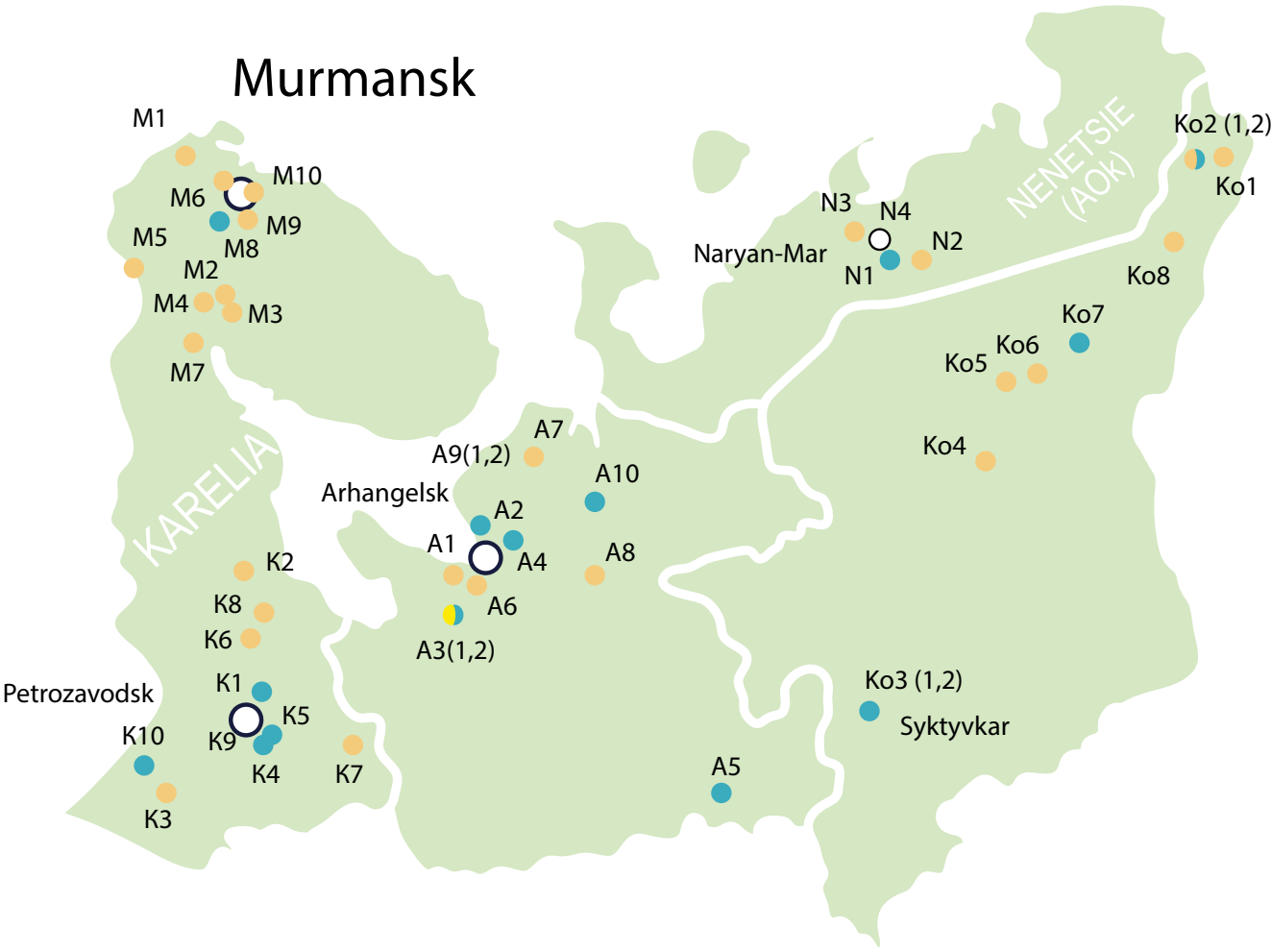


РИС. 1. Экологические «горячие точки» Баренцева Евро-Арктического региона. Источник: составлено авторами на основе [14]

Принципы и практика ответственного инвестирования

Принципы ответственного инвестирования (ESG) тесно переплетаются с основными положениями Хартии бизнеса «За устойчивое развитие», в которой подчеркнуто, что развитие бизнеса должно быть экологически и социально ответственным, должно обеспечивать эффективное использование

природных ресурсов (в том числе энергии и воды) и минимизацию негативного воздействия на окружающую среду на протяжении всего жизненного цикла продукции, учитывать аспекты инклюзивности (возможно, более полного охвата всех слоев населения, отказа от какой-либо дискриминации),

отличаться открытостью и учетом позиций заинтересованных сторон. «Устойчивое развитие — это приоритет развития бизнеса», — с таких слов начинается Хартия.

Принципы ESG были разработаны инвесторами и для инвесторов [31], хотя сегодня в аббревиатуру ESG нередко вкладывается более глубокий смысл [32]; принципы ESG используются при разработке отраслевых и национальных программ развития промышленности, применяются для оценки действенности экологической промышленной политики. Свыше двух тысяч финансовых организаций из шестидесяти стран мира с активами, превышающими 60 трлн долл. США, подписали Принципы ответственного инвестирования, т.е. обязались учитывать их при отборе проектов развития.

Сами принципы достаточно просты и очевидным образом связаны с основными положениями Хартии бизнеса «За устойчивое развитие»: 1) учет ESG-факторов при оценке инвестиционных проектов и в процессе принятия решений; 2) включение аспектов ESG в определение приоритетов собственников и акционеров финансовых организаций; 3) требование раскрытия аспектов ESG компаниями, в проекты которых осуществляются инвестиции; 4) продвижение идеи ответственного инвестирования в банковском сообществе, расширение круга ответственных инвесторов; 5) сотрудничество в направлении повышения эффективности (действенности) практического применения принципов ответственного инвестирования; 6) раскрытие отчетности финансовых организаций о соответствии принципам ESG.

Перечень факторов, учитываемых при оценке проектов ответственного инвестирования, постоянно расширяется; наиболее часто встречающиеся

позиции представлены в таблице. На рис. 2 показано соотношение проектов устойчивого развития.

Экологические факторы, включающие, как следует из табл., аспекты проектирования для окружающей среды (термин «экодизайн» представляется менее удачным, кроме того, он используется преимущественно в контексте проектирования зданий и сооружений), повышения ресурсной эффективности и ресурсосбережения, предотвращения загрязнения, ограничения выбросов парниковых газов и адаптации к изменениям климата, стали настолько значимыми, что выделяются теперь в категорию так называемого зеленого финансирования (см. рис. 2). Подчеркнем, что НЕФКО инвестирует и выделяет гранты на выполнения проектов в Баренцевом Евро-Арктическом регионе, которые отвечают принципам ответственного инвестирования; при этом экологические и социальные аспекты программ и проектов НЕФКО широко обсуждаются с заинтересованными сторонами как в России, так и в странах Северной Европы.

Как уже было отмечено, проекты эколого-технологической модернизации АО «Сыктывкарский ЛПК» были выполнены без привлечения средств НЕФКО, но на основе принципов ответственного инвестирования. В 2010–2020 гг. на выполнение этих проектов было потрачено более 720 млн евро (рис. 3). В Интегрированном отчете Mondi Group [33] и в Отчете об устойчивом развитии [34] за 2020 г. значительное внимание уделено проектам, которые уже выполнены или планируются в России.

Проекты, завершившиеся в 2020 г. и позволившие АО «Монди Сыктывкарский ЛПК» достичь показателей, не только соответствующих требованиям НДТ, но и превосходящих их, детально описаны в [16].

Основные факторы, учитываемые при оценке проектов ответственного инвестирования

Environment (экологические аспекты)	Social (социальные аспекты)	Governance (аспекты корпоративного управления)
Формирование экономики замкнутого цикла Экодизайн (проектирование для окружающей среды) Минимизация отходов Предотвращение климатических изменений истощения природных ресурсов загрязнения окружающей среды деградации водных экосистем и экосистем суши обезлесения	Права человека Безопасность труда Обучение и повышение квалификации Взаимоотношения в коллективе Ответственность за свойства продукции Поддержка местных сообществ Благотворительность Отказ от дискриминации сотрудников; использования детского труда	Структура (представительность) и деятельность (независимость) совета директоров Учет интересов акционеров Заработная плата руководства Налоговая дисциплина Предотвращение коррупции

ПРИМЕЧАНИЕ. Источник: составлено авторами на основе [31, 32].

Поэтапное обновление производства привело к повышению эффективности и глубины переработки древесины, использованию кородревесных остатков и обезвоженных осадков сточных вод для производства зеленой энергии, предотвращению негативного воздействия на водные экосистемы. При этом выделять долю так называемых природоохранных инвестиций нецелесообразно: с точки зрения повышения ресурсной и экологической эффективности производства внедрение современных технологических линий гораздо более значимо, чем строительство очистных сооружений. В порядке развития добровольной социально-экологической деятельности предприятие сотрудничает с Всемирным фондом охраны природы (WWF России), поддерживает программу «Сохраним северного оленя вместе», направленную на восстановление численности дикого северного оленя в таежной и тундровой зонах России (в Республике Коми и на полуострове Камчатка)¹. С точки зрения

повышения конкурентоспособности проекты АО «Монди-СЛПК» отражают такие факторы, как появление новых ресурсоэффективных технологий и становление системы регулирования на основе НДТ; формирование экономики замкнутого цикла и учет новых предпочтений клиентов и заинтересованных сторон. Для предприятия чрезвычайно важна репутационная составляющая конкурентоспособности: продукция позиционируется как экологичная, имеет маркировку Ecolabel Европейского союза и экспортируется за рубеж. Сегодня «Монди-СЛПК» входит в тройку крупнейших целлюлозно-бумажных предприятий России. В 2020 г. Mondi Group добилась рейтинга AAA как лидер в области климатических проектов, а также проектов, посвященных рациональному использованию и охране лесных и водных ресурсов [34]. В целом оба отчета [33, 34] структурированы в соответствии с целями устойчивого развития [1, 2] и приоритетами ответственного инвестирования [31, 32]. Таким образом,

¹ Программа «Сохраним северного оленя» // Официальный сайт АО «Монди-СЛПК». URL: <https://snegurochka-paper.ru/wwf> (дата обращения: 12.05.2021).

можно сделать вывод о том, что инвестиции в проекты, на основании результатов реализации которых АО «Монди Сыктывкарский ЛПК» было исключено из перечня экологических «горячих точек» Баренцева Евро-Арктического региона, соответствовали принципам ESG-инвестирования

и были направлены на повышение конкурентоспособности компании. При этом критериями выбора технологических решений служили международно принятые требования НДТ, что способствовало формированию общественного диалога и взаимопонимания между заинтересованными сторонами.



РИС. 2. Приоритеты ответственного инвестирования. Источник: составлено авторами

2010 STEP	2014 Установка сушильной машины	2013–2018 Модернизация очистных сооружений	2017–2020 Модернизация ТЭЦ
- Один из крупнейших проектов модернизации производства в ЦБП России - Инвестиции — € 545 млн - Результаты: рост производства целлюлозы, бумаги и картона, повышение ресурсоэффективности, снижение потерь химикатов и потребления древесины, воды и энергии, сокращение негативного воздействия на окружающую среду	- Масштабный проект - Инвестиции — € 30 млн - Результаты: выпуск нового продукта — сухой товарной целлюлозы (хвойной и лиственной), увеличение производственной мощности комбината	- Многоэтапный проект - Инвестиции — € 65 млн с 2013 года - Результаты: повышение эффективности работы очистных сооружений и обеспечение растущей потребности комбината и города в очистке сточных вод	- Масштабный проект, крупнейший на предприятии после проекта STEP - Инвестиции — € 80 млн - Результаты: обеспечение стабильной генерации тепловой и электрической энергии для комбината и Республики Коми

РИС. 3. Стратегические проекты АО «Монди-СЛПК». Источник: составлено авторами на основе презентаций и открытой отчетности АО «Монди-СЛПК» [32, 33]

Проекты развития Ковдорского горно-обогатительного комбината: инвестиции для устойчивого развития

Акционерное общество «Ковдорский горно-обогатительный комбинат», который входит в состав минерально-химической компании «ЕвроХим», — одно из ведущих предприятий Северо-Западного региона России, осуществляющее комплексную переработку минерального сырья с использованием малоотходных технологий и производство трех товарных концентратов: железорудного, апатитового (минерала класса фосфатов) и бадделеитового, содержащего диоксид циркония¹. Ковдорское месторождение разрабатывается с 1962 г. (сначала разрабатывалось как железорудное). Комбинат — второй в России производитель апатитового концентрата, единственный в мире производитель бадделеита и градообразующее предприятие г. Ковдора (рис. 4).

Между АО «МХК “ЕвроХим”» и администрацией Ковдорского района Мурманской области действует соглашение о сотрудничестве, предусматривающее совместную реализацию ряда важных проектов, направленных на увеличение количества рабочих мест для местных жителей, а также на обновление жилищно-коммунального комплекса и городского хозяйства Ковдора. Финансирование (общая сумма — около 800 млн руб.) осуществляется в равных долях за счет консолидированного бюджета Мурманской области и МХК «ЕвроХим». Для оценки плана работ и определения приоритетов сторонами создана рабочая группа.

Если АО «Монди-СЛПК» уже добилось признания как «зеленая точка» Баренцева Евро-Арктического региона, то Ковдорский ГОК в 2020 г. только объявил о намерении пройти полную (основанную на оценке НДТ) процедуру исключения из перечня экологических «горячих точек». В том же 2020 г. АО «Ковдорский горно-обогатительный комбинат» получило статус резидента Арктической зоны; 24,5 млрд руб. планируется инвестировать в расширение мощностей по производству железорудного, апатитового и бадделеитового концентратов². Пакет федеральных законов о государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации вступил в силу в августе 2020 г.; получение статуса резидента Арктической зоны установлено Федеральным законом от 13 июля 2020 г. №193-ФЗ «О государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации» [35].

В 2015–2018 гг. МХК «ЕвроХим» инвестировала 6,8 млрд руб. в новый комплекс по переработке апатит-штаффелитовых руд, который рассчитан на производство 948 тыс. т апатитового и 130 тыс. т железорудного концентратов в год. В целях снижения антропогенной нагрузки нового производственного объекта на окружающую среду предусмотрен ряд технических решений по пылеподавлению и герметизации мест перегрузки

руды. Реализация проекта обеспечила дополнительный приток налоговых поступлений в региональный и местный бюджеты в размере 1,9 млрд руб.³ Все проекты проходят процедуры оценки воздействия на окружающую среду (в том числе общественные слушания) и выполняются в соответствии с требованиями российского законодательства⁴.

Руководство АО «МХК “ЕвроХим”» убеждено, что устойчивое развитие означает достижение более высоких результатов при меньших затратах ресурсов. Компания занята внедрением стандартов экологической, социальной и управленческой отчетности и устанавливает амбициозные целевые показатели во всех аспектах устойчивого развития бизнеса [36, с. 49]. В годовом отчете подчеркивается, что предприятия компании соответствуют требованиям НДТ и стандартов ISO серии 14000 (прежде всего ISO 14001) [36, с. 52, 56]. В 2019 г., в соответствии с материалами отчета, 140 млн руб. (2,1 млн долл. США) были направлены на проекты по сокращению негативного воздействия Ковдорского ГОКа на окружающую среду. Подчеркнем, однако, что инвестиции в создание нового комплекса по переработке апатит-штаффелитовых руд соответствовали ESG-принципам и выделять «природоохранный» компонент инвестиций нецелесообразно, так как именно повышение ресурсной эффективности позволяет добиваться сокращения потерь, эмиссий, негативного воздействия в целом, а также повышения конкурентоспособности предприятия.

К числу социально значимых инициатив относится программа по развитию г. Ковдора как столицы Гипербореи, полумифической идеальной страны, о которой писали Геродот и Плиний Старший. В рамках этой программы организованы специальные визиты журналистов в г. Ковдор и первая в мире конференция писателей-фантастов. Ковдор стал одним из наиболее узнаваемых на Русском Севере городов.

Акционерное общество «Ковдорский горно-обогатительный комбинат» включено в перечень трехсот объектов негативного воздействия на окружающую среду, обязанных продемонстрировать до конца 2022 г. успешное применение НДТ. При участии экспертов по НДТ сотрудники предприятия провели самообследование и оценили уровень соответствия требованиям отраслевых и межотраслевых информационно-технических справочников по НДТ. Отметим, для нормирования состава отходящих газов установлены количественные технологические показатели, в то время как требования к обращению со сточными водами и отходами описаны как наилучшие экологические практики или процедуры систем менеджмента [37]. Аналогичные подходы применяются и в Европейском союзе, где действует межотраслевой справочник по НДТ по управлению отходами горнодобывающих предприятий [38]. В ближайшее время показатели ресурсной эффективности технологий, включенные в российские справочники, будут уточнены, а их спектр расширен. Это позволит повысить объективность оценки результатов деятельности предприятий и создаст возможности для расчета

¹ Официальный сайт Министерства развития Арктики и экономики Мурманской области. URL: https://minec.gov-murman.ru/activities/devel_mo/sub02/sub01/sub02/ (дата обращения: 12.05.2021).

² Ковдорский ГОК стал резидентом российской арктической зоны // Информационно-аналитический центр RUPEC. URL: <https://rupec.ru/news/45759/> (дата обращения: 12.05.2021).

³ ЕвроХим открыл новое производство в Мурманской области // Официальный сайт АО «МХК “ЕвроХим”». URL: <https://www.eurochemgroup.com/ru/media-announcements/evrohim-otkryl-novoe-proizvodstvo-v-m/> (дата обращения: 12.05.2021).

⁴ Ковдорский горно-обогатительный комбинат // Сайт проекта «ОВОС: общественные слушания». URL: <https://o-v-o-s.ru/client/Ковдорский-горно-обогатительный-ком> (дата обращения: 12.05.2021).



РИС. 4. Панорама Ковдорского горно-обогатительного комбината. Источник: фото пресс-службы АО «Ковдорский ГОК»

выбросов парниковых газов и углеродного следа продукции — параметров, играющих все более значимую роль в международной конкуренции.

Российские и международные эксперты НДТ оказывают методическую поддержку сотрудникам АО «МКХ “ЕвроХим”» и АО «Ковдорский горно-обогатительный комбинат», проводят консультации; на осень 2021 г. на базе Кольского научного центра Российской академии наук запланирована организация вебинара для заинтересованных сторон, принимающих участие в процедуре исключения предприятия из перечня экологических «горячих точек». Процедура исключения имеет большое репутационное значение для Ковдорского ГОКа

и для компании в целом: АО «МКХ “ЕвроХим”» работает на международном рынке, экспортирует продукцию в страны Европы, Азии, Америки, Африки и Океании [36, с. 17], имеет стабильно высокий кредитный рейтинг (Standard & Poor’s — BB с позитивным прогнозом, Moody’s — Ba2 со стабильным прогнозом, Fitch Ratings — BB со стабильным прогнозом) [36, с. 29].

Таким образом, с точки зрения изменений во внешней среде, которые могут стать источниками формирования конкурентных преимуществ АО «Ковдорский горно-обогатительный комбинат», наиболее значимыми представляются: активное развитие промышленной и экологической

промышленной политики в Российской Федерации [23]; расширение и углубление восприятия сути концепции НДТ, усиление внимания к ресурсной эффективности промышленности, использование международно принятых НДТ как единого экспертного понятийного аппарата [24, 39, 40]; формирование экономики замкнутого цикла, изменение предпочтений клиентов и широкого круга заинтересованных сторон (прежде всего в Баренцевом

Евро-Арктическом регионе) [19, 27]; создание системы ответственного инвестирования в порядке поддержки достижения ЦУР [29, 30, 36].

По мере разработки инструментов углеродного регулирования в Российской Федерации можно также ожидать усиления влияния соответствующего фактора на все объекты АО «МКХ “ЕвроХим”», функционирующие в России.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Национальные цели и приоритетные задачи развития Российской Федерации и международно принятые ЦУР представляют собой основные факторы внешней среды, которые должны учитываться при формировании промышленной политики (как на микроуровне, уровне отдельного предприятия, так и на уровне отрасли и региона). К числу наиболее значимых изменений внешней среды следует отнести усиление позиций промышленной политики в России и за рубежом; расширение понимания сути и географического охвата регулирования на основе НДТ; продвижение ресурсоэффективных и низкоуглеродных технологий и формирование нового сегмента международного рынка таких технологий; создание экономики замкнутого цикла и ее связь с ресурсоэффективным и низкоуглеродным развитием; развитие системы ответственного инвестирования, направленной на поддержку достижения целей устойчивого развития. Принятие международной торговой палатой Хартии бизнеса «За устойчивое развитие», широкое распространение принципов ESG, укрепление позиций зеленого и климатического финансирования — все это

сегодня необходимо учитывать при разработке и реализации программ развития промышленных предприятий.

Результаты анализа проектов эколого-технологической модернизации АО «Ковдорский горно-обогатительный комбинат» и АО «Монди Сыктывкарский ЛПК» свидетельствуют о том, что предприятия добились повышения ресурсной эффективности производства, соответствия требованиям НДТ, а также продемонстрировали открытость и готовность к диалогу с заинтересованными сторонами. Если АО «Монди Сыктывкарский ЛПК» уже снискал признание как «зеленая точка» Баренцева Евро-Арктического региона, то АО «Ковдорский горно-обогатительный комбинат» в 2020 г. только объявило о намерении пройти полную процедуру исключения из перечня экологических «горячих точек». Программа международных консультаций и вебинаров по тематике экологической промышленной политики, НДТ и ответственного инвестирования предприятий горнодобывающего и металлургического сектора формируется с учетом предложений российских экспертов и их коллег из Норвегии, Финляндии и Швеции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. URL: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E.
2. Бобылев С. Н., Соловьева С. В. Цели устойчивого развития для будущего России // Проблемы прогнозирования. 2017. №3. С. 26–34.
3. Доклад об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений. М.: Кремль, 2016. 385 с.
4. Manno J., Fix A. Environmental Sustainability and Sustainable Development. International Studies. Oxford University Press, 2021. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190846626.013.169>
5. Бобылев С. Н. Устойчивое развитие в интересах будущих поколений: экономические приоритеты // Мир новой экономики. 2017. №3. С. 90–96.
6. Шеожев М. А. Устойчивое развитие как фактор конкурентоспособности // Экономический вестник Ростовского государственного университета. 2009. Т. 7, №2, ч. 3. С. 147–150.
7. Tonelli F., Taticchi P. Industrial Sustainability: challenges, perspectives, actions // International Journal of Business Innovation and Research. 2013. No. 7 (2). P. 1751–0252. DOI:10.1504/IJBIR.2013.052576
8. Stock T., Seliger G. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0 // Procedia CIRP. 2016. Vol. 40. P. 536–541. DOI: 10.1016/j.procir.2016.01.129
9. Макропуло А. А. Конкурентоспособность как фактор устойчивого развития предприятия // Научный вестник Южного института менеджмента. 2017. №3. С. 57–62.
10. Коваленко А. И. Теоретические и методологические аспекты использования концепции «конкурентоспособности» в научных исследованиях // Современная конкуренция. 2013. №6 (42). С. 65–79.
11. Рубин Ю. Б. Дискуссионные вопросы современной теории конкуренции // Современная конкуренция. 2010. №3 (21). С. 38–67.
12. Bal H. C., Erkan C. Industry 4.0 and Competitiveness // Procedia Computer Science. 2019. Vol. 158. P. 625–631. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.096>
13. Обновление перечня экологических «горячих точек» в российской части Баренцева региона: Предложения по экологически значимым инвестиционным проектам. Осло: АМАП, 2003. URL: <https://www.amap.no/documents/download/1247/inline>.
14. Горячие точки. Решая экологические проблемы Баренцева региона. Хельсинки: НЕФКО, 2013. URL: https://www.nefco.int/wp-content/uploads/2019/04/nefco_barents-publication_hot-spots-work_2013_RU.pdf.
15. Гревцов О. В., Щелчков К. А., Эпов А. Н., Остапчук В. В., Чижигов И. П. Применение принципов НДТ в качестве инструмента выполнения международных обязательств Российской Федерации: практический опыт исключения КОС из списка экологических «горячих точек» Баренцева Евро-Арктического региона // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2020. №3. С. 2–7.
16. Кряжев А. М., Гусева Т. В., Тихонова И. О., Очертенко Д. П., Алмгрен Р. Целлюлозно-бумажное производство: устойчивое развитие и формирование экономики замкнутого цикла // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24, №11. С. 48–53.
17. Об охране окружающей среды: Федеральный закон №7-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 2021. №1, ст. 1704.
18. О межведомственной комиссии по рассмотрению программ повышения экологической эффективности: постановление Правительства Российской Федерации от 21 сентября 2015 г. №999 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2020. №38, ст. 5874.
19. Скобелев Д. О., Микаэльссон О. Т. Наилучшие доступные технологии как критерии исключения российских промышленных предприятий из списка экологических «горячих точек» Баренцева Евро-Арктического региона // Экономика устойчивого развития. 2020. №2 (42). С. 179–185.
20. Малков А. В., Тихонова И. О., Бегак М. В., Щелчков К. А. Наилучшие доступные технологии: неотложные задачи подготовки кадров // Компетентность. 2020. №5. С. 3–9.
21. Guseva T., Potapova E., Tikhonova I., Molchanova Y., Begak M. Training Russian Practitioners in Best Available Techniques and Integrated Environmental Permits // Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2018. Vol. 18, Is. 5.1. P. 313–320.
22. Porter M. E. Competitive Strategy. New York: Free Press, 1980. 396 p.
23. Rodrik D. Industrial policy for the twenty-first century. UNIDO, 2004. URL: <http://www.hks.harvard.edu/fs/drodrik/Research%20papers/UNIDOSep.pdf>.
24. Hjort M., Skobelev D., Almgren R., Guseva T., Koh T. Best Available Techniques and Sustainable Development Goals // The 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM Green. 2019. Vol. 19, Is. 5.4. P. 185–192.
25. Omer A. M. Focus on low carbon technologies: the positive solution // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2008. Vol. 12, Is. 9. P. 2331–2357.
26. Башмаков И. А. Стратегия низкоуглеродного развития российской экономики // Вопросы экономики. 2020. №7. С. 51–74. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2020-7-51-74>
27. Blomsma F., Brennan G. The emergence of circular economy: a new framing around prolonging resource productivity // Journal of Industrial Ecology. 2017. Vol. 21 (3). P. 603–614. <http://doi.wiley.com/10.1111/jiec.12603>
28. Бобылев С. Н., Соловьева С. В. Циркулярная экономика и ее индикаторы для России // Мир новой экономики. 2020. Т. 14, №2. С. 63–72.
29. Escrig-Olmedo E., Fernández-Izquierdo M. Á., Ferrero-Ferrero I., Rivera-Lirio J. M., Muñoz-Torres M. J. Rating the Raters: Evaluating how ESG Rating Agencies Integrate Sustainability Principles // Sustainability. 2019. Vol. 11. P. 915–923. <https://doi.org/10.3390/su11030915>
30. Порфирьев Б. Н. Зеленые тенденции в мировой финансовой системе // Мировая экономика и международные отношения. 2016. Т. 60, №9. С. 5–16. DOI: 10.20542/0131-2227-2016-60-9-5-16
31. Principles for Responsible Investment. London: PRI Association, 2020. URL: <https://www.unpri.org/download?ac=10948>.
32. Matos P. ESG and Responsible Institutional Investing around the World. A Critical Review. CFA Institute Research Foundation, Charlottesville, US, 2020. URL: <https://www.cfainstitute.org/-/media/documents/book/rf-lit-review/2020/rflr-esg-and-responsible-institutional-investing.ashx>.
33. Mondi Group Integrated Report and Financial Statements 2020. URL: https://www.mondigroup.com/media/13648/mondi_integrated_report_2020_jaws_accessibility.pdf.
34. Mondi Group Sustainable Development Report. 2020. URL: https://www.mondigroup.com/media/13636/mondi_group_sustainable_development_report_2020.pdf.

35. О государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации: Федеральный закон №193-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 2020. №29, ст. 4503.

36. Мировой лидер. Годовой отчет и финансовая отчетность АО «МХК «ЕвроХим» за 2019 год. URL: <https://mcc.eurochem.ru/wp-content/uploads/2020/08/%D0%93%D0%9E-%D0%9C%D0%A5%D0%9A-2019.pdf>.

37. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 25-2017. Добыча и обогащение железных руд. URL: http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1106&etkstructure_id=1872.

38. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from

Extractive Industries. JRC Science for Policy Report, 2018. URL: https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/inline-files/jrc109657_mwei_bref_-_for_pubsy_online.pdf.

39. Ibáñez-Forés V., Bovea M. D., Pérez-Belis V. A holistic review of applied methodologies for assessing and selecting the optimal technological alternative from a sustainability perspective // Journal of Cleaner Production. 2014. Vol. 70. P. 259–281. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.082>

40. Giljam R. A. Extended application of 'best available techniques' as a means to facilitate ecological governance // Journal of Energy & Natural Resources Law. 2018. Vol. 36, Is. 2. P. 181–208. <https://doi.org/10.1080/02646811.2017.1327266>

REFERENCES

1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. Available at: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E.

2. Bobylev S. N., Solov'eva S. V. Celi ustojchivogo razvitija dlja budushhego Rossii [Sustainable Development Goals for the Future of Russia]. Problemy prognozirovaniya [Studies on Russian Economic Development], 2017, No. 3, pp. 26–34. (In Russ.).

3. Doklad ob jekologicheskom razvitii Rossijskoj Federacii v interesah budushhih pokolenij [Report on Environmental Development of the Russian Federation in the interests of the Future Generations]. Moscow, Kremlin, 2016, 385 p. (In Russ.).

4. Manno J., Fix A. Environmental Sustainability and Sustainable Development. International Studies. Oxford University Press, 2021. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190846626.013.169>

5. Bobylev S. N. Ustojchivoe razvitie v interesah budushhih pokolenij: jekonomicheskie prioritety [Sustainable Development in the Interests of the Future Generations: Economic Priorities]. Mir novoj jekonomiki [The World of New Economy], 2017, No. 3, pp. 90–96. (In Russ.).

6. Sheozhev M. A. Ustojchivoe razvitie kak faktor konkurentosposobnosti [Sustainable Development as a Competitiveness Factor]. Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo jekonomicheskogo universiteta [Vestnik of Rostov State University of Economics], 2009, vol. 7, No. 2, Part 3. pp. 147–150. (In Russ.).

7. Tonelli F., Taticchi P. Industrial Sustainability: challenges, perspectives, actions. International Journal of Business Innovation and Research, 2013, No. 7 (2), pp. 1751–0252. DOI:10.1504/IJBIR.2013.052576

8. Stock T., Seliger G. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. Procedia CIRP, 2016, vol. 40, pp. 536–541. DOI: 10.1016/j.procir.2016.01.129

9. Makropulo A. A. Konkurentosposobnost' kak faktor ustojchivogo razvitija predpriyatija [Competitiveness as a Factor for Industrial Sustainable Development]. Nauchnyj vestnik Juzhnogo instituta menedzhmenta [Scientific Newsletter of Southern Management Institute], 2017, No. 3, pp. 57–62. (In Russ.).

10. Kovalenko A. I. Teoreticheskie i metodologicheskie aspekty ispol'zovanija koncepcii "konkurentosposobnosti" v nauchnyh issledovanijah [Theoretical and Methodological Aspects of Utilising Competitiveness Concept in Scientific Studies]. Sovremennaja konkurencija [Journal of Modern Competition], 2013, No. 6 (42), pp. 65–79. (In Russ.).

11. Rubin Ju. B. Diskussionnye voprosy sovremennoj teorii konkurencii [Debating Points of Modern Competitiveness Theory]. Sovremennaja konkurencija [Journal of Modern Competition], 2010. No. 3 (21), pp. 38–67. (In Russ.).

12. Bal H. C., Erkan C. Industry 4.0 and Competitiveness. Procedia Computer Science, 2019, vol. 158, pp. 625–631. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.096>

13. Kimstach V. A. Obnovlenie perechnja jekologicheskikh "gorjachih tocek" v rossijskoj chasti Barentseva regiona: Predlozhenija po jekologicheski znachimym investicionnym proektam [Update on Environmental Hotspot Lists in Russian section of Barents Region: Suggestions for Environmentally Significant Investment Projects], AMAP Secretariat, Oslo, 2003. (In Russ.). Available at: <https://www.amap.no/documents/download/1247/inline>.

14. Merd A. Gorjachie tochki. Reshaja jekologicheskie problemy Barentseva regiona [Hotspots; Solving Environmental Issues of Barents region], NEFCO, Helsinki, 2013. (In Russ.). Available at: https://www.nefco.int/wp-content/uploads/2019/04/hefco_barents-publication_hot-spots-work_2013_RU.pdf.

15. Grevcov O. V., Shchelchikov K. A., Epov A. N., Ostapchuk V. V., Chizhikov I. P. Primenenie principov NDT v kachestve instrumenta vypolnenija mezhdunarodnyh objazatel'stv Rossijskoj Federacii: prakticheskij opyt iskljuchenija KOS iz spiska jekologicheskikh "gorjachih tocek" Barentseva Evro-Arkticheskogo regiona [Applying BAT principles as an Instrument to Fulfil International Obligations of the Russian Federation: Practical Experience of MWWT Exclusion from Environmental Hotspot List of Barents Euro-Arctic Region]. Nailuchshie dostupnye tehnologii vodosnabzhenija i vodootvedenija [Best Available Techniques for Water Supply and Discharge], 2020, No. 3, pp. 2–7. (In Russ.).

16. Krjazhev A. M., Guseva T. V., Tihonova I. O., Ocheretenko D. P., Almgren R. Celljulozno-bumazhnoe proizvodstvo: ustojchivoe razvitie i formirovanie jekonomiki zamknutogo cikla [Pulp and Paper Production: Sustainable Development and Establishment of Circular Economy]. Jekologija i promyshlennost' Rossii [Ecology and Industry of Russia], 2020, vol. 24, No. 11, pp. 48–53. (In Russ.).

17. Ob ohrane okruzhajushhej sredy: Federal'nyj zakon № 7-FZ [Environmental Protection: Federal Law No 7-FZ]. Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii, 2021, No. 1, art. 1704. (In Russ.).

18. O mezhvedomstvennoj komissii po rassmotreniju programm povyshenija jekologicheskaj jeffektivnosti: postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 21 sentyabrya 2015 g. No 999 [Interdepartmental Commission on Consideration of Environmental performance Enhancement Programmes No 999,

issued 21 Sept. 2015]. *Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii*, 2020, No. 38, art. 5874. (In Russ.).

19. Skobelev D. O., Mikajel'sson O. T. Nailuchshie dostupnye tehnologii kak kriterii iskljuchenija rossijskih promyshlennyh predpriyatij iz spiska jekologicheskikh "gorjachih tocek" Barenceva Evro-Arkticheskogo regiona [Best Available techniques as Criteria for Exclusion of Russian Industrial Enterprises from Environmental Hotspots List of Barents Euro-Arctic Region]. *Jekonomika ustojchivogo razvitija [Sustainable Development Economy]*, 2020, No. 2 (42), pp. 179–185. (In Russ.).

20. Malkov A. V., Tihonova I. O., Begak M. V., Shchelchikov K. A. Nailuchshie dostupnye tehnologii: neotlozhnye zadachi podgotovki kadrov [Best Available Techniques: Overarching Training Priorities]. *Kompetentnost' [Competence Journal]*, 2020, No. 5, pp. 3–9. (In Russ.).

21. Guseva T., Potapova E., Tikhonova I., Molchanova Y., Begak M. Training Russian Practitioners in Best Available Techniques and Integrated Environmental Permits. *Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*, 2018, vol. 18, Is. 5.1, pp. 313–320.

22. Porter M. E. *Competitive Strategy*. New York, Free Press, 1980, 396 p.

23. Rodrik D. *Industrial policy for the twenty-first century*. UNIDO, 2004. Available at: <http://www.hks.harvard.edu/fs/drodrik/Research%20papers/UNIDOSep.pdf>.

24. Hjort M., Skobelev D., Almgren R., Guseva T., Koh T. *Best Available Techniques and Sustainable Development Goals. The 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM Green*, 2019, vol. 19, Is. 5.4, pp. 185–192.

25. Omer A. M. Focus on low carbon technologies: the positive solution. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2008, vol. 12, Is. 9, pp. 2331–2357.

26. Bashmakov I. A. *Strategija nizkouglerodnogo razvitija rossijskoj jekonomiki [Strategy for Low-Carbon Development of Russian Economy]*. *Voprosy jekonomiki [Voprosy Ekonomiki]*, 2020, No. 7, pp. 51–74. (In Russ.). <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2020-7-51-74>

27. Blomsma F., Brennan G. The emergence of circular economy: a new framing around prolonging resource productivity. *Journal of Industrial Ecology*. 2017, vol. 21 (3), pp. 603–614. <http://doi.wiley.com/10.1111/jiec.12603>

28. Bobylev S. N., Solov'eva S. V. *Cirkuljarnaja jekonomika i ee indikatory dlja Rossii [Circular Economy and its Indicators for Russia]*. *Mir novoj jekonomiki [The World of New Economy]*, 2020, vol. 14, No. 2, pp. 63–72. (In Russ.).

29. Escrig-Olmedo E., Fernández-Izquierdo M. Á., Ferrero-Ferrero I., Rivera-Lirio J. M., Muñoz-Torres M. J. Rating the Raters: Evaluating how ESG Rating Agencies Integrate Sustainability Principles. *Sustainability*, 2019, vol. 11, pp. 915–923. <https://doi.org/10.3390/su11030915>

30. Porfir'ev B. N. Zelenye tendencii v mirovoj finansovoj sisteme [Green Trends Within International Financial System]. *Mirovaja jekonomika i mezhdunarodnye otnoshenija [World Economy and International Relations]*, 2016, vol. 60, No. 9, pp. 5–16. (In Russ.). DOI: 10.20542/0131-2227-2016-60-9-5-16.

31. Skancke M., Reynolds F. *Principles for Responsible Investment*. London, PRI Association, 2020. Available at: <https://www.unpri.org/download?ac=10948>.

32. Matos P. *ESG and Responsible Institutional Investing around the World. A Critical Review*. CFA Institute Research Foundation, Charlottesville, US, 2020. Available at: <https://www.cfainstitute.org/-/media/documents/book/rf-lit-review/2020/rflr-esg-and-responsible-institutional-investing.ashx>.

33. *Mondi Group Integrated Report and Financial Statements 2020*.

Available at: https://www.mondigroup.com/media/13648/mondi_integrated_report_2020_jaws_accessibility.pdf.

34. *Mondi Group Sustainable Development Report*. 2020. Available at: https://www.mondigroup.com/media/13636/mondi_group_sustainable_development_report_2020.pdf.

35. O gosudarstvennoj podderzhke predprinimatel'skoj dejatel'nosti v Arkticheskoy zone Rossijskoj Federacii: Federal'nyj zakon No. 193-FZ [State Support of Entrepreneurship in Arctic Zone of the Russian Federation: Federal Law No 193-FZ]. *Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii*, 2020, No. 29, art. 4503. (In Russ.).

36. Mirovoj lider. Godovoj otchet i finansovaja otchetnost' AO "MHK "EvroHim" za 2019 god [World Leader. Annual Report and Financial Accounting of JSC "MHK "EuroChem" for 2019]. (In Russ.). Available at: <https://mcc.eurochem.ru/wp-content/uploads/2020/08/%D0%93%D0%9E-%D0%9C%D0%A5%D0%9A-2019.pdf>.

37. *Informacionno-tehnicheskij spravocnik po nailuchshim dostupnym tehnologijam ITS 25-2017*.

Об авторах:

© **Скобелев Дмитрий Олегович** — к. э. н., ORCID 0000-0002-8067-7016, Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», Мытищи, Россия

© **Федосеев Сергей Владимирович** — д. э. н., доцент, s.fedoseev@ksc.ru, ORCID 0000-0002-1224-2213, Институт экономических проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН, Апатиты, Россия

® **Dmitry O. Skobelev** — PhD (Economics), ORCID 0000-0002-8067-7016, Research Institute "Environmental Industrial Policy Center", Mytishchi, Russia

® **Sergey V. Fedoseev** — Dr. Sci. (Economics), Associate Professor, s.fedoseev@ksc.ru, ORCID 0000-0002-1224-2213, Luzin Institute for Economic Studies of the Kola Science Centre of the RAS, Apatity, Russia

Статья поступила в редакцию 29 апреля 2021 года

Статья принята к публикации 22 мая 2021 года

удк 661.257-952

ПРОИЗВОДСТВО СЕРНОЙ КИСЛОТЫ



Н. В. Левин

независимый эксперт, к. т. н.

А. С. Малявин

заместитель начальника отдела химической и нефтехимической промышленности ФГАУ «НИИ «ЦЭПП», к. т. н.

ВВЕДЕНИЕ

Серная кислота является стратегическим химическим продуктом, объемы производства которого определяют состояние химической промышленности и развитие экономики государства в целом.

Популярность серной кислоты объясняется ее обширным применением: в производстве минеральных удобрений, в обработке руд, как электролит в свинцовых аккумуляторах, для получения различных минеральных кислот и солей, в производстве химических волокон, красителей, дымообразующих и взрывчатых веществ, в нефтяной, металлообрабатывающей, текстильной, кожевенной и других отраслях промышленности. Производство удобрений, особенно фосфорсодержащих, является основным рынком конечного потребления серной кислоты, на долю которого приходится порядка 60% мирового

спроса. В России доля серной кислоты, используемой при производстве минеральных удобрений, еще выше (порядка 80%). При этом следует отметить, что серная кислота выступает и как химический агент (при производстве фосфорной кислоты путем сернокислого разложения фосфатных руд), и как непосредственно компонент удобрений (источник серы в сульфатной форме).

В настоящее время все предприятия — производители серной кислоты в отрасли минеральных удобрений используют в качестве сырья элементную серу. Основные предприятия — производители серной кислоты являются одновременно производителями минеральных удобрений. В таблице 1 представлен перечень компаний — производителей серной кислоты, входящих в отрасль минеральных удобрений.



РИС. 1. Структура потребления серной кислоты на мировом рынке

Необходимо отметить, что с точки зрения технологии практически все эксплуатируемые в России серноокислотные системы в максимальной степени похожи (табл. 2). Отличия состоят только в организации процесса каталитического окисления и в степени утилизации тепла химических

реакций. На всех серноокислотных системах тепло утилизируется с выработкой энергетического пара давлением 4,0 МПа и температурой 450 °С. Этот пар в дальнейшем используется в соответствии с потребностями конкретных предприятий.

Таблица 1. Перечень предприятий — производителей серной кислоты (отрасль минеральных удобрений)

№ п/п	Предприятие	Регион	Номинальная мощность, тыс. т/год	Сырье
1	АО «Апатит», Череповецкий филиал	Вологодская область	4460	Техническая сера
2	АО «Апатит», Балаковский филиал	Саратовская область	2300	Техническая сера
3	ООО «ЕвроХим — Белореченские минеральные удобрения»	Краснодарский край	1100,0	Техническая сера
4	ООО «ПГ Фосфорит»	Ленинградская область	1100,0	Техническая сера
5	Волховский филиал АО «Апатит»	Ленинградская область	1030,0	Техническая сера
6	Армянский филиал ООО «Титановые инвестиции»	Республика Крым	960,0	Техническая сера
7	АО «Щекиноазот»	Тульская область	700,0	Техническая сера
8	АО «Воскресенские минеральные удобрения»	Московская область	500,0	Техническая сера
9	ПАО «КуйбышевАзот»	Самарская область	500,0	Техническая сера
10	АО «Азот» (г. Кемерово)	Кемеровская область	240,0	Техническая сера

Принципиальное описание технологических процессов, используемых на данном этапе развития технологии

Производство серной кислоты состоит из нескольких основных стадий:

1. Прием и хранение жидкой/твердой серы.
2. Подготовка сырья (плавление и фильтрация твердой серы, фильтрация жидкой серы).
3. Сжигание серы с получением SO₂-содержащего газа и утилизацией тепла реакций с получением энергетического пара.
4. Каталитическое окисление SO₂ в одну или две стадии.
5. Абсорбция SO₃ с получением серной кислоты или олеума.
6. Хранение серной кислоты.
7. Очистка хвостовых газов от SO₂ (в случае систем одинарного контактирования).

На современном этапе развития серноокислотного производства существует два варианта организации процесса каталитического окисления сернистого ангидрида.

Одинарное контактирование (ОК). Типовая схема представлена на рис. 2.
Двойное контактирование с двойной абсорбцией (ДК-ДА). Типовая схема представлена на рис. 3.

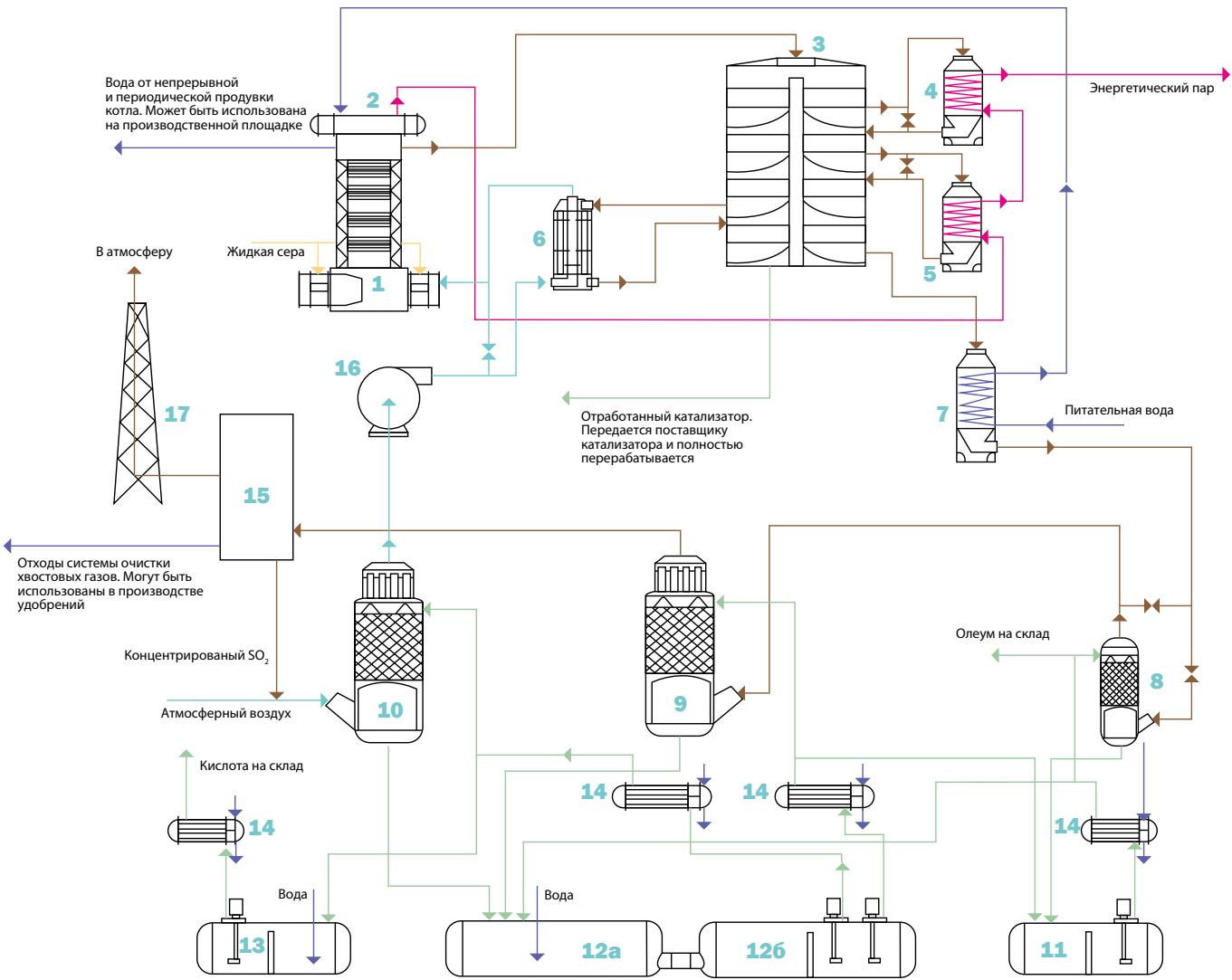


РИС. 2. Вариант реализации технологической схемы производства серной кислоты методом ОК с олеумным абсорбером и хвостовой очисткой отходящих газов:

1 — серная печь; 2 — котел-утилизатор; 3 — контактный аппарат; 4 — пароперегреватель 2-й ступени; 5 — пароперегреватель 1-й ступени; 6 — подогреватель воздуха; 7 — экономайзер; 8 — олеумный абсорбер; 9 — моногидратный абсорбер; 10 — сушильная башня; 11 — циркуляционный сборник олеумного абсорбера; 12 а, б — объединенный циркуляционный сборник сушильной башни и моногидратного абсорбера; 13 — сборник продукционной кислоты; 14 — кислотные холодильники; 15 — установка очистки хвостовых газов; 16 — нагнетатель; 17 — выхлопная труба

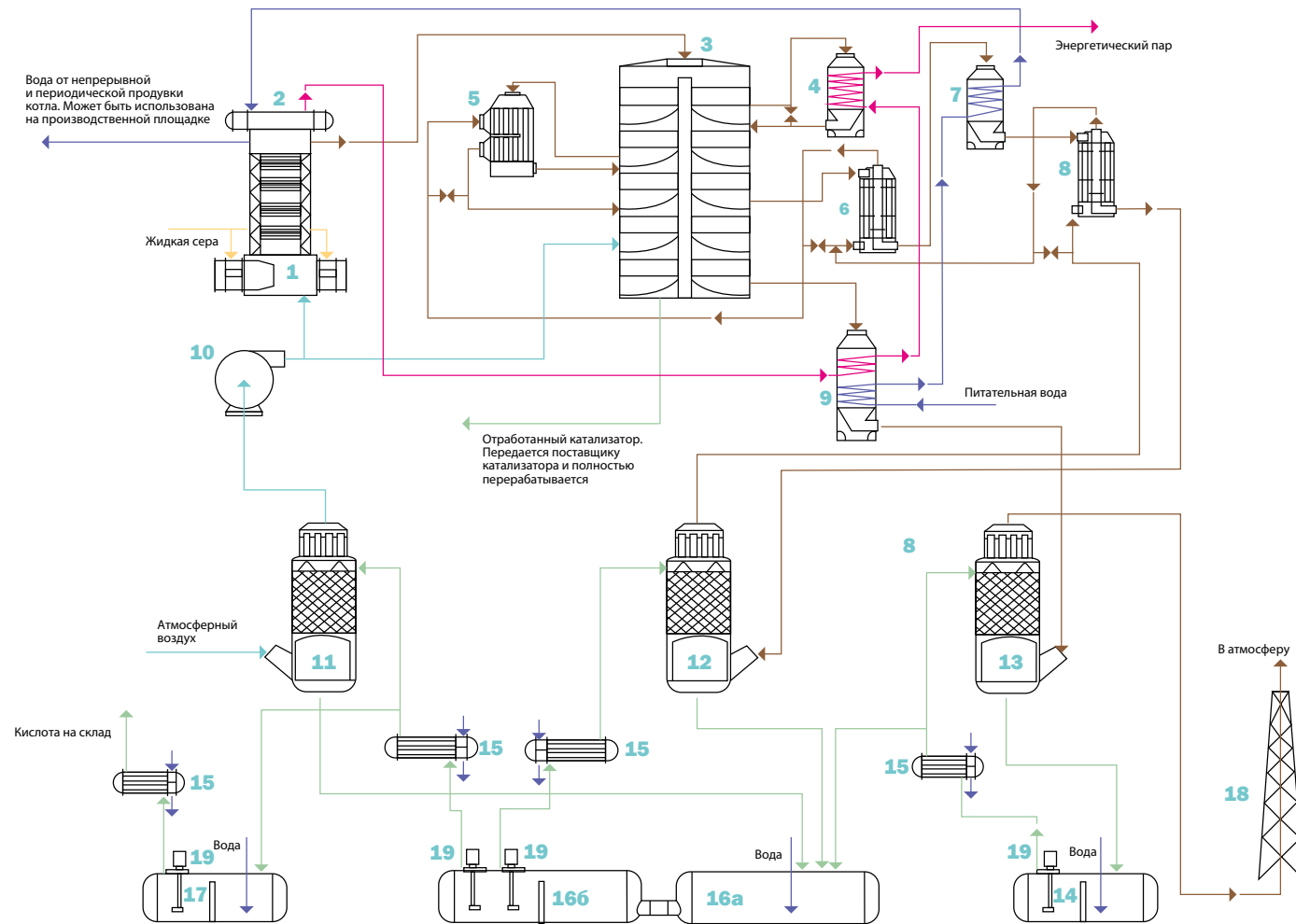


РИС. 3. Вариант реализации технологической схемы производства серной кислоты методом двойного контактирования:

1 — серная печь; 2 — котел-утилизатор; 3 — контактный аппарат; 4 — пароперегреватель 2-й ступени; 5 — газовый теплообменник; 6 — газовый теплообменник; 7 — экономайзер 2-й ступени; 8 — газовый теплообменник; 9 — пароперегреватель и экономайзер 1-й ступени в одном корпусе; 10 — нагнетатель; 11 — сушильная башня; 12 — первый моногидратный абсорбер; 13 — второй моногидратный абсорбер; 14 — циркуляционный сборник второго моногидратного абсорбера; 15 — кислотные холодильники; 16 а, б — объединенный циркуляционный сборник сушильной башни и первого моногидратного абсорбера; 17 — производственный сборник; 18 — выхлопная труба; 19 — кислотные насосы

Общей для обоих вариантов организации процесса является стадия сжигания серы. Сырье — жидкая или расплавленная гранулированная (комовая) сера — отфильтровывается от механических примесей и подается на сжигание в серную печь. При сжигании серы в качестве кислородсодержащего агента

используется атмосферный воздух, предварительно осушенный путем абсорбции влаги концентрированной серной кислотой в сушильной башне. В процессе горения серы в серной топке образуется технологический газ с температурой 1000–1200 °С и содержанием диоксида серы 9–12 об. %. Следует

отметить, что при производстве серной кислоты из серы исходную концентрацию SO_2 поддерживают на уровне, близком к максимальному, с целью увеличения энергоэффективности системы и снижения размеров технологического оборудования.

После стадии сжигания серы технологический газ направляется в котел-утилизатор, где происходит его охлаждение до температуры, необходимой для устойчивой работы катализатора окисления сернистого газа, — 390–420 °С. Тепло, выделяющееся при охлаждении технологического газа, используется для получения энергетического пара.

В обоих вариантах после сжигания серы охлажденный до требуемой температуры технологический газ направляется на стадию каталитического окисления SO_2 в SO_3 . Окисление проводится в аппаратах со стационарными слоями катализатора в адиабатическом режиме с промежуточным охлаждением газа между слоями.

Тепло, выделяющееся в процессе окисления сернистого газа, используется для получения энергетического пара; для этого в контактном отделении сернокислотной системы располагаются выносные элементы котла в отдельных корпусах (экономайзеры и пароперегреватели) (их расположение и количество определяется поставщиком технологии).

В установках одинарного контактирования отсутствует стадия промежуточного извлечения SO_3 из технологического газа. После контактного аппарата технологический газ направляется в моногидратный абсорбер для извлечения SO_3 (в случае получения на установке олеума параллельно с моногидратным абсорбером устанавливается дополнительный

олеумный абсорбер). Абсорбция серного ангидрида в моногидратном абсорбере осуществляется серной кислотой с концентрацией 97–98,5 мас. %. При этих концентрациях равновесное давление паров SO_3 над серной кислотой минимально, что позволяет повысить эффективную степень абсорбции до 99,995%. В процессе абсорбции образуются туман и брызги серной кислоты, которые уносятся с газовым потоком и выбрасываются в атмосферу. Для их улавливания в верхней части моногидратного абсорбера устанавливаются брызготумановловители патронного типа. В качестве фильтрующих элементов в данном виде оборудования используется синтетическое кислотостойкое волокно.

Закрепленная серная кислота из моногидратного абсорбера самотеком направляется в кислотный сборник, туда же подается вода для регулирования концентрации кислоты.

Так как при реализации данного технологического процесса отсутствует стадия промежуточного извлечения SO_3 из технологического газа, то общая степень конверсии SO_2 в SO_3 достаточно низкая (97–98%) и требуется дополнительная доочистка отходящих газов установки перед выбросом их в атмосферу.

Для доочистки отходящих газов сернокислотного производства, как правило, применяются регенеративные технологии, позволяющие выделить SO_2 из газового потока и повторно его использовать в производстве серной кислоты. К таким технологиям относятся:

- ▶ поглощение SO_2 растворами сульфита/бисульфита аммония или натрия с последующей их регенерацией и выделением чистого SO_2 в газовую фазу;
- ▶ поглощение SO_2 аминными поглотителями с последующей их регенерацией и выделением чистого SO_2 в газовую фазу.

Отличием технологической схемы ДК-ДА от предыдущей является промежуточный вывод SO₃ из технологического газа и отсутствие необходимости в установках хвостовой очистки отходящих газов. В отличие от систем одинарного контактирования часть тепла, выделяющегося в процессе контактного окисления SO₂, используется для нагрева технологического газа, возвращаемого с промежуточной абсорбции, остальное количество идет на получение технологического пара. На первой стадии конверсии (первые 3 слоя контактного аппарата) степень окисления SO₂ в SO₃ достигает 90–95%.

После третьего слоя катализатора частично конвертированный газ охлаждается до температуры 170–190 °С и направляется на промежуточную абсорбцию в первый моногидратный абсорбер. Абсорбция SO₃ значительно сдвигает равновесие реакции окисления диоксида серы в сторону образования SO₃ и увеличивает общую степень превращения серы в серную кислоту. Технологический

газ после первого моногидратного абсорбера нагревается до температуры 390–420 °С и возвращается в контактный аппарат на вторую ступень конверсии. После прохождения второй ступени конверсии технологический газ охлаждается до температуры 130–150 °С и направляется на конечную абсорбцию во второй моногидратный абсорбер. После второго моногидратного абсорбера технологический газ выбрасывается в атмосферу через выхлопную трубу. Суммарная степень контактирования, достигаемая в системах ДК-ДА, составляет 99,7–99,9%.

Проанализировав представленные данные, можно сделать выводы, что удельная выработка пара будет увеличиваться при переходе от систем ДК-ДА к системам с утилизацией тепла абсорбции, при этом маломощные системы одинарного контактирования дают лучшие показатели по эмиссии загрязняющих веществ и энергоэффективности по сравнению с системами ДК-ДА.

Таблица 2. Нормы расхода сырья и энергоресурсов, выработки энергетического пара, эмиссии загрязняющих веществ, нормы образования твердых отходов в производстве серной кислоты из жидкой и твердой серы

Показатель	Сернокислотные системы		
	одинарного контактирования с системой очистки хвостовых газов	ДК-ДА	ДК-ДА с системой утилизации тепла абсорбции
Вода питательная, м³/т	1,3–1,5	1,15–1,42	1,49–1,9
Электроэнергия, кВт·ч/т	87,0–93,5	46–72,1*	
Удельная выработка энергетического пара, Гкал/т	0,98–1,02	0,97–0,98	1,07–1,37**
Эмиссия, кг/т: SO ₂	0,50–3,10	1,00–3,50	
SO ₃ , туман и брызги серной кислоты в пересчете на H ₂ SO ₄	0,05–0,26	0,02–0,15	

* При использовании парового привода нагнетателя удельный расход электроэнергии на тонну продукции для сернокислотных систем ДК-ДА будет составлять 21–22 кВт·ч/т мнг.

** Выработка пара 40 атм и 10 атм.

Повышение надежности и энергоэффективности работы сернокислотных установок

Основным направлением в плане повышения энергоэффективности сернокислотных систем является максимальное использование тепла химических реакций, протекающих в процессе производства серной кислоты, в частности тепла абсорбции, на долю которого приходится 30–40% от общего количества тепла, получаемого в системе. Утилизацию тепла абсорбции осуществляют в цикле первого моногидратного абсорбера, где выделяется основная доля тепла абсорбции и есть возможность поднять температуру кислоты.

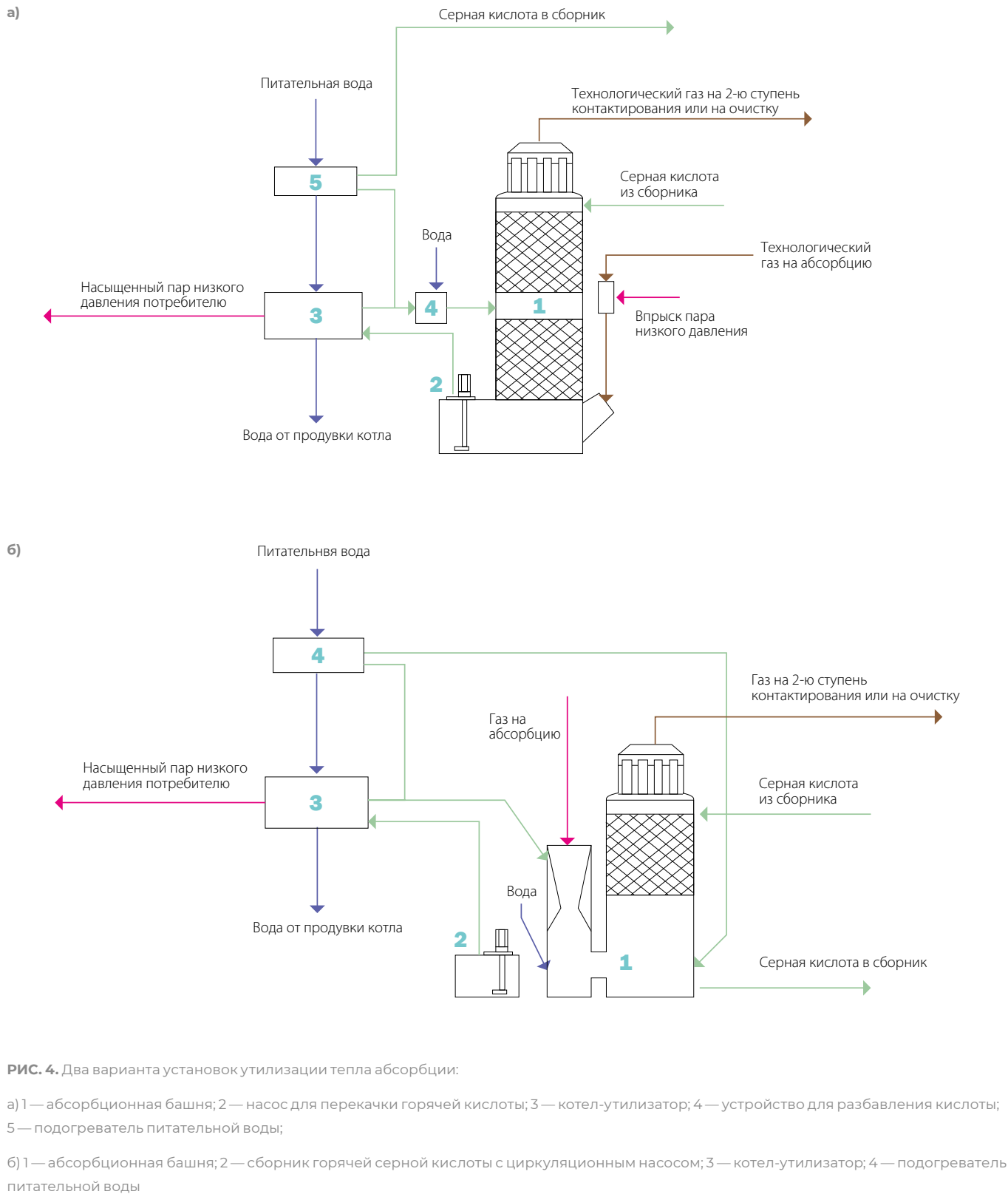
Использование тепла абсорбции на производстве позволит снизить расход электроэнергии на технологию за счет снижения расхода оборотной воды; использовать тепло на отопление и другие нужды без выброса парникового газа (CO₂). Тепло абсорбции можно использовать как на подогрев теплофикационной воды до температуры 90–95 °С, так и на получение пара давлением 0,6–0,8 МПа.

В промышленности реализован вариант использования утилизации теплоты абсорбции для получения пара давлением 0,6–0,8 МПа, причем варианты использования пара на предприятиях более разнообразны, чем подогретой теплофикационной воды. В условиях устойчивого роста стоимости энергоносителей вариант использования тепла абсорбции с получением пара в перспективе должен найти широкое применение в производстве серной кислоты, как из серы, так и на основе отходящих газов.

Принципиальная технологическая схема включения системы утилизации тепла абсорбции в сернокислотную установку представлена на рис. 4.

Основным отличием данного технологического решения от описанных выше является иная организация процесса абсорбции. В классических схемах ОК и ДК-ДА тепло экзотермических реакций абсорбции влаги атмосферного воздуха и серного ангидрида серной кислотой снимается путем охлаждения серной кислоты оборотной водой в кислотных холодильниках. Подогретая обратная вода затем охлаждается в градирнях путем частичного испарения. Таким образом, тепло процессов абсорбции в классических системах никак не используется.

В случае же технологической системы, показанной на рис. 4, тепло процессов абсорбции используется для получения насыщенного пара низкого давления. Системы утилизации тепла абсорбции устанавливаются на месте первого моногидратного абсорбера в системах ДК-ДА или вместо моногидратного абсорбера в системах ОК. Для получения пара с давлением 0,6–1,0 МПа температура серной кислоты в цикле установки утилизации тепла абсорбции должна быть повышена до 215–225 °С, что требует использования оборудования (сборник, котел, холодильник, кислотный насос и кислотопроводы), изготовленного из специальных коррозионностойких сталей, при этом необходимо точно выдерживать концентрацию серной кислоты с высокой температурой в очень узком диапазоне (99,1–99,6 мас. %).



Для реализации данного процесса в сушильно-абсорбционном отделении устанавливается дополнительное теплообменное оборудование (котел-утилизатор и теплообменники) и абсорбер особой конструкции.

Низкопотенциальный пар, образующийся в данном технологическом процессе, может быть использован на нужды предприятия. Использование систем утилизации тепла абсорбции накладывает ограничение на возможность выпуска части продукции сернокислотной системы в виде олеума. Реализация данной технологии позволяет увеличить общую энергоэффективность сернокислотного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. ИТС 2-2019. Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот. — Введ. 2020-03-01. — М.: Бюро НДТ, 2019. — 836 с.
2. Кошель П.А. Серная кислота // Химия. — 2006. № 18 (713). — С. 27–28.
3. Васильев Б.Т. Технология серной кислоты / Б.Т. Васильев, М.И. Отвагина. — М.: Химия, 1985. — 384 с.
4. Rasheva DA, Atanasova LG. Exergy efficiency evaluation of the production of sulfuric acid from liquid sulfur / Exergy, an International Journal 2002 (2) — P. 51–54.
5. Civetta W. R., Padilla R. V. Exergy Analysis of an Industrial Sulphuric Acid Plant / International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering — 2014. — Volume 4, Issue 3. — P. 730–735.
6. Magaeva S, Patronov G, Lenchev A, Grancharov I. Exergy analysis of processing SO₂ containing gases in metallurgy into sulphuric acid and sulphur / Journal of Mining and Metallurgy 2000; 36(1–2). — P. 77–92.
7. Амелин А.Г. Технология серной кислоты / А.Г. Амелин. — М.: Химия, 1971. — 496 с.
8. Орлов М.А. Абсорбция триоксида серы в прямом точном насадочном аппарате / М.А. Орлов // Мир серы, N, P и K. — 2005. — №2. — С. 18–20.
9. Игин В.В. Серная кислота, объемы производства и потребления, пути и перспективы развития. Сообщение 2 / В.В. Игин, Ю.В. Филатов // Мир серы, N, P и K. — 2010. — №6. — С. 3–13.
10. Игин В.В. Серная кислота, объемы производства и потребления, пути и перспективы развития / В.В. Игин, Ю.В. Филатов // Труды НИУИФ 1919—2014: Сборник научных трудов / Сост. В.С. Суцев, В.И. Суходолова; НИУИФ. — М., 2014. — С. 232–245.
11. Garcia-Labiano F., de Diego L.F., Cabello A., Gayan P., Abad A., Adanez J., Sprachmann G. Sulphuric acid production via Chemical Looping Combustion of elemental Sulphur. Applied Energy. 2016. N 178. P. 736–745. DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.06.110.
12. Игин В.В., Долгов Д.В., Грабун Е.М. Перспективные направления развития технологии получения серной кислоты из серы методом ДК-ДА // Труды НИУИФ: к 100-летию основания института. — Вологда: Древности Севера, 2019. — Т.1. — С.148–154.
13. Игин В.В. Производство серной кислоты в Российской Федерации и перспективные направления его развития // Труды НИУИФ: к 100-летию основания института. — Вологда: Древности Севера, 2019. — Т. 1. — С. 148–154.

УДК 631.95

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ
ПЕРЕРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
НАВОЗА И ПОМЕТА
НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ
ОБЛАСТИ



М. Е. Астраханов

научный сотрудник отдела легкой, строительной и сельскохозяйственной промышленности ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»

Е. В. Силитрина

инженер отдела легкой, строительной и сельскохозяйственной промышленности ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»

По материалам статей

1. Bryukhanov A.Yu., Vasilev E. V., Kozlova N. P., Shalavina E. V., Subbotin I. A., Lukin S. M. Environmental assessment of livestock farms in the context of bat system introduction in Russia // *Journal of Environmental Management*. 2019. T. 246. С. 283–288. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.05.105. <https://elibrary.ru/item.asp?id=39551480>

2. Briukhanov A., Vasilev E., Kozlova N., Shalavina E. Assessment of nitrogen flows at farm and regional level when developing the manure management system for large-scale livestock enterprises in North-West Russia // *Sustainability*. 2021. Vol. 13 (12). Pp. 6614. DOI: 10.3390/su13126614

3. Bryukhanov A.Yu., Huhta H., Shalavina E. V., Vorobyeva E. A., Vasileva N. S. The ecological status of livestock and poultry in the border regions of Russia and South-East Finland // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. №14 (1). С. 4–9. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-1-4-9. <https://elibrary.ru/item.asp?id=42577864>

4. Briukhanov A., Dorokhov A., Shalavina E., Trifanov A., Vorobyeva E., Vasilev E. Digital methods for agro-monitoring and nutrient load management in the Russian part of the Baltic Sea

О. В. Гревцов

начальник отдела легкой, строительной и сельскохозяйственной промышленности ФГАУ «НИИ «ЦЭПП», к. м. н.

catchment area // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 578. 012011. DOI: 10.1088/1755-1315/578/1/012011. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44389031>

5. Попов В. Д., Ерохин М. Н., Брюханов А. Ю., Васильев Э. В., Шалавина Е. В. Перспективы создания экологических центров промышленной переработки органических отходов животноводства // *Агроинженерия*. 2020. №3 (97). С. 4–11. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-3-4-11. <https://elibrary.ru/item.asp?id=43115999>

6. Попов В. Д., Федоренко В. Ф., Брюханов А. Ю. Приоритеты экологического развития животноводства России и пути их реализации // *Техника и оборудование для села*. 2020. №12. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-12-2-5

7. Брюханов А. Ю., Шалавина Е. В., Охтилев М. Ю., Коромысличенко В. Н. Навоз: мониторинг и оптимизация // *Сельскохозяйственные вести*. 2021. №2 (125). С. 44–45

8. Международный экологический проект EcoAgRAS «Внедрение экологически безопасной системы сельского хозяйства как основы устойчивого развития приграничных сельских районов»

ВВЕДЕНИЕ. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Интенсификация агропромышленного производства увеличивает экологическую нагрузку на окружающую среду. Слабое развитие соответствующей инфраструктуры, низкая активность в сфере технического перевооружения основных производств, недостаточное использование современных

технологий для переработки отходов животноводства и птицеводства, нежелание производителя внедрять инновационные ресурсные и энергоэффективные решения может негативно повлиять на экологическую ситуацию и помешать созданию конкурентоспособных производств.

Так, например, приоритетной экологической проблемой в свиноводческих комплексах является утилизация навоза на крупных сельхозпредприятиях с большим объемом выхода навоза.

Анализ работы сельскохозяйственных предприятий показал, что в 90% хозяйств наблюдается несоответствие вместимости хранилищ фактическому накоплению навоза в период невозможности

его внесения: многие хранилища переполнены, избыточные массы навоза складываются навалом, что приводит к загрязнению территории хранилищ по периметру, стеканию жидкой фракции за пределы хранилища [1, 2].

В ряде хозяйств имеет место недостаточное количество сельскохозяйственных угодий для полного использования навоза в качестве органического удобрения.

Текущая ситуация по развитию сельского хозяйства в Ленинградской области

Ленинградская область является одним из лидеров Российской Федерации по развитию животноводства и птицеводства.

- ▶ 2 предприятия смешанного типа (крупный рогатый скот и свиноводство);
- ▶ 26 растениеводческих предприятий (рис. 1).

В регионе расположены 142 сельскохозяйственных предприятия, из них:

- ▶ 94 комплекса крупного рогатого скота;
- ▶ 8 свиноводческих комплексов;
- ▶ 12 птицефабрик;

На 116 животноводческих и птицеводческих предприятиях Ленинградской области содержится более 29 миллионов голов животных/птицы: 159 783 головы крупного рогатого скота, 184 867 голов свиней и 28 969 786 голов птицы.

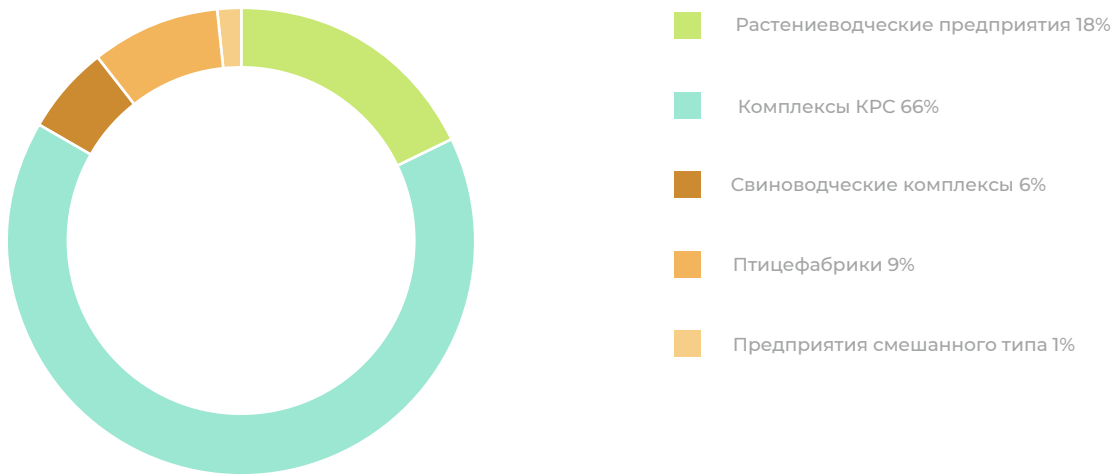


РИС. 1. Доля предприятий в регионе

Распределение комплексов крупного рогатого скота и свиноводческих комплексов по поголовью

Животноводство крупного рогатого скота (далее — КРС) в Ленинградской области можно охарактеризовать как интенсивное — более 70% животноводческих комплексов имеют поголовье более 1000 голов единовременного содержания (рис. 2).

В регионе на долю животноводства приходится 71% валовой продукции, а 76% произведенной продукции — доля сельскохозяйственных организаций. Основной отраслью животноводства является молочное скотоводство: регион занимает первое место среди субъектов Российской Федерации по молочной продуктивности коров и девятое место по производству молока в сельхозорганизациях (617,7 тыс. т) [3].

По итогам 2020 г. производство молока в хозяйствах всех категорий составило 655,4 тыс. т, прирост — 2,8% к уровню 2019 г.

Прирост производства молока обеспечили 68 областных предприятий, из них ООО «ПЗ «Бугры», где производство молока увеличилось на 16,7%, ОАО «Труд» и АО «ПЗ «Рабитицы», АО «Сельцо», ООО «СПК Пригородный», АО «ПЗ «Агро-Балт», АО «ПЗ «Красногвардейский», АО «ПЗ «Гражданский», АО «ПЗ «Красноозерное», АО «Красносельское», ООО «ПЗ «Новоладожский» [3].

Поголовье свиней по Ленинградской области распределено неравномерно — более 65% всего поголовья области (120 577 голов) размещено в Тосненском районе на двух свинокомплексах: ООО «Идаванг Агро» и ООО «Агрохолдинг Пулковский» (рис. 3).

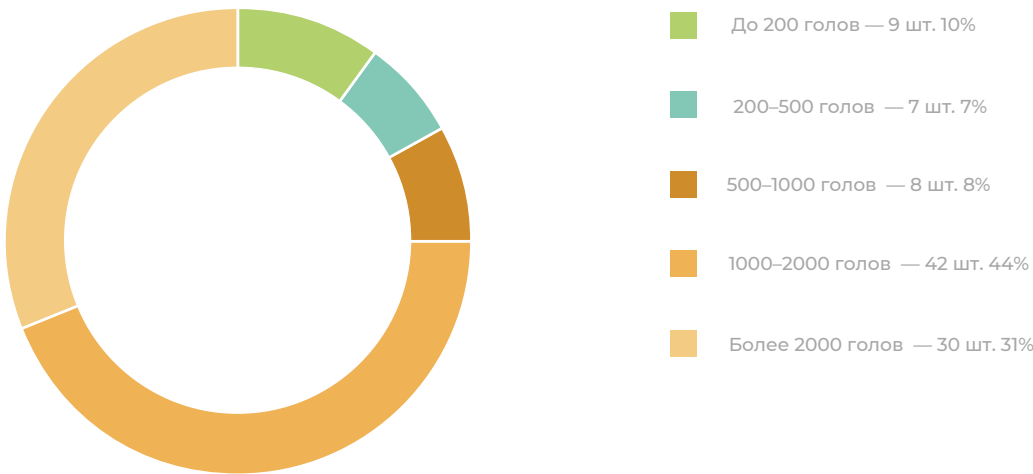


РИС. 2. Доля комплексов крупного рогатого скота

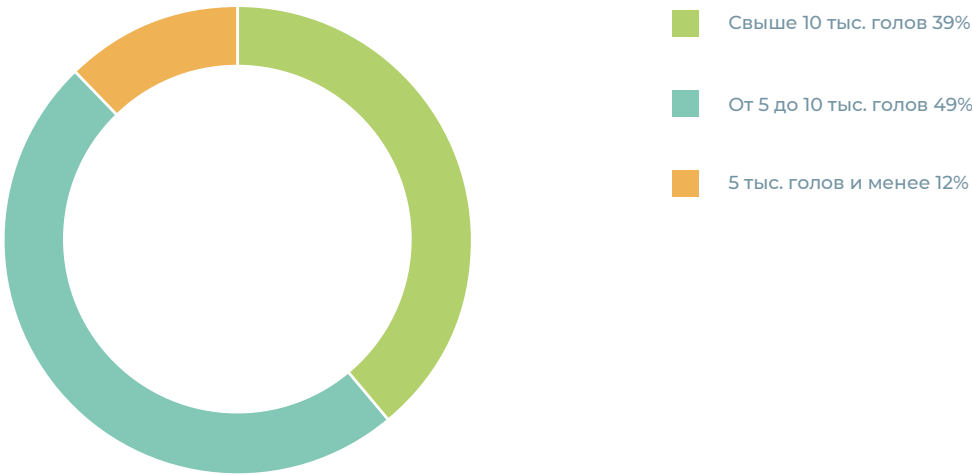


РИС. 3. Доля свиноводческих комплексов

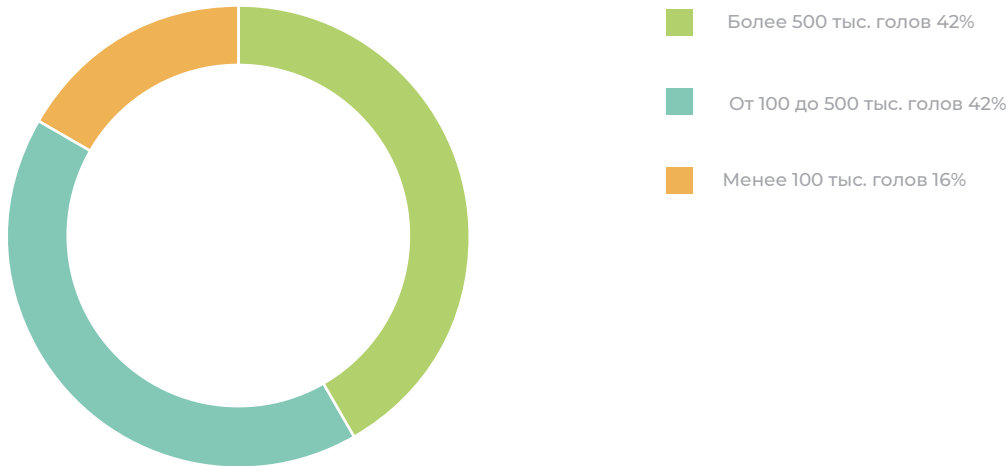


РИС. 4. Доля птицеводческих предприятий

Распределение птицеводческих предприятий по поголовью

Ленинградская область занимает 1-е место в Российской Федерации по производству яиц (3166,7 млн шт.), 2-е место в РФ по поголовью птицы (30,17 млн голов) и 5-е место в РФ по производству мяса птицы (314,1 тыс. т) (рис. 4).

В 2020 г. в птицеводстве производство яиц увеличилось на 4,3% по всем категориям хозяйств и на 4,4% по сельскохозяйственным организациям. Общее поголовье птицы в регионе

насчитывает 30,2 млн голов. Основной прирост — у птицефабрик «Синявинская» и «Роскар».

По производству мяса птицы надо отметить птицефабрику «Северная», где строится 16 корпусов, после их ввода в эксплуатацию и запуска на полную мощность прирост производства мяса птицы составит до 25 тыс. т. Проектируется в Тосненском районе птицефабрика для родительского яйца до 44,4 млн шт. яиц в год [3].

Растениеводство

Основные возделываемые культуры в Ленинградской области — это многолетние и однолетние травы и зернобобовые. Площадь пашни региона составляет 387,9 тыс. га — 13,1% от площади пашни в СЗФО.

Площадь сельскохозяйственных угодий в регионе составляет 616,6 тыс. га, из которых пашни — 359,7 тыс. га. В настоящее время не используется

более 70 тыс. га пашни, пригодной для вовлечения в сельскохозяйственный оборот. Начиная с 2015 г. наблюдается положительная тенденция увеличения посевных площадей.

В 2019 г. был рекордный урожай зерна — 160,7 тыс. т. Потребность области в зерне будет расти ежегодно с учетом увеличения объемов производства мяса птицы и яйца [3].

Образование органических отходов

Анализ состояния образования и накопления навоза и помета в каждом районе Ленинградской области и возможность их внесения в качестве органического удобрения на земли сельскохозяйственного назначения, располагающиеся в этом же районе, представлен в таблице 1.

3 млн т навоза; на 8 свиноводческих комплексах образуется более 604 тыс. т навоза в год, а 12 птице-фабрик производят более 1,3 млн т помета (рис. 5).

Анализ состояния навозохранилищ сельскохозяйственных предприятий Ленинградской области свидетельствует, что порядка 66% организаций должны модернизировать свои хозяйства и вводить современные технологии обращения с продуктами жизнедеятельности животных.

Таблица 1. Анализ состояния образования и накопления навоза и помета в Ленинградской области

№	Район Ленинградской области	Масса образуемого навоза/помета, т/год	Имеющаяся площадь земельных угодий сельскохозяйственного назначения, га
1	Бокситогорский р-н	8160,0	350,0
2	Волосовский р-н	405 004,0	36 547,0
3	Волховский р-н	259 843,5	11 584,0
4	Всеволожский р-н	269 202,1	9513,0
5	Выборгский р-н	483 185,6	8374,0
6	Гатчинский р-н	489 406,8	26 299,0
7	Кингисеппский р-н	144 248,0	10 263,0
8	Киришский р-н	101 689,0	8678,0
9	Кировский р-н	917 175,7	2016,0
10	Лодейнопольский р-н	48 946,5	2683,0
11	Ломоносовский р-н	203 272,2	13 010,0
12	Лужский р-н	665 322,0	21 571,0
13	Приозерский р-н	468 083,3	19 690,0
14	Сланцевский р-н	81 796,5	6948,0
15	Тихвинский р-н	85 008,5	5478,0
16	Тосненский р-н	568 249,1	16 105,0



РИС. 5. Доля образуемого навоза/помета

Технологии переработки и использования навоза на современных животноводческих комплексах

Комбинация методов/процессов, направленных на снижение образования отходов, их переработку и использование, приведена в качестве НДТ в информационно-техническом справочнике наилучших доступных технологий ИТС 41-2017 «Интенсивное разведение свиней» (таблица 2).

В качестве перспективной технологии упоминается внедрение процессов и технологий для полной глубокой переработки сельскохозяйственных отходов в биологические удобрения и энергию. Это позволит радикально решить экологическую проблему, полностью обеспечив потребности сельских хозяйств в удобрениях и энергии, повысить плодородие почв и увеличить свою конкурентоспособность [1].

Таблица 2. Методы, направленные на снижение образования отходов

№	Метод/оборудование
а	Раздельный сбор различных видов отходов (включая разделение и классификацию отходов по степени опасности)
б	Объединение подходящих видов (фракций) для получения продуктов, которые могут лучше использоваться
в	Предварительная обработка отходов перед хранением, переработкой и использованием
г	Выработка энергии на месте или вне предприятия из навоза с высоким содержанием горючих органических веществ
д	Предварительная обработка и подготовка навоза перед переработкой

В информационно-техническом справочнике наилучших доступных технологий ИТС 42-2017 «Интенсивное разведение сельскохозяйственной птицы» в качестве НДТ по обращению с пометом птицы признано ускоренное компостирование — современный экологически чистый и экономически эффективный способ переработки птичьего помета. Этим решаются две очень важные задачи: решение экологической переработки птичьего помета и снижение себестоимости производства продукции за счет уменьшения расходов на удобрения.

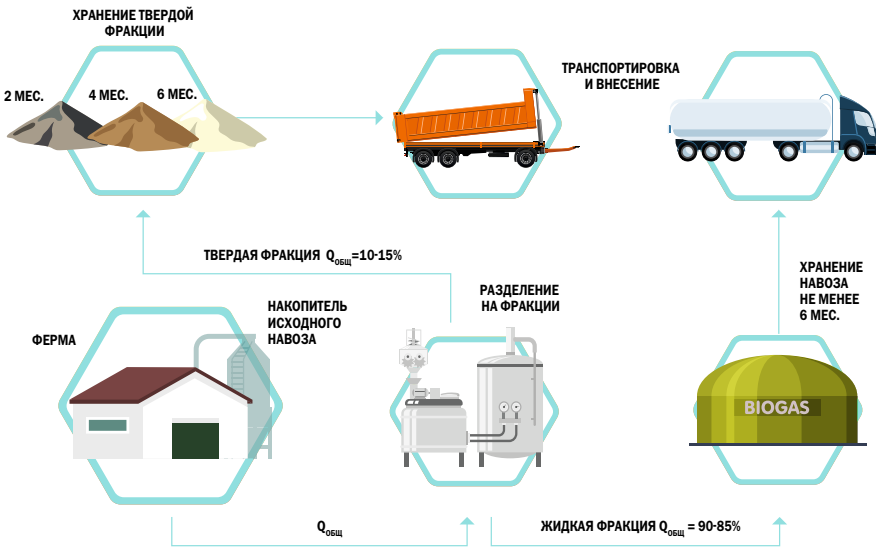
В сравнении с другими способами переработки органических отходов способ ускоренного промышленного компостирования является более простым, быстрым и дешевым, в результате которого на 81% сокращаются затраты на приобретение

минеральных удобрений, на 32% повышается плодородие почв, требуется меньше полива и сокращаются до 40% расходы на транспортировку и хранение. А самое главное, качественный компост — это биологически и экологически чистое органическое удобрение.

Другим способом является ускоренное компостирование птичьего помета в биореакторах, биоферментерах и закрытых установках камерного типа. Еще одним решением для утилизации неиспользуемого в качестве органического удобрения помета предлагается его сжигание с получением тепловой энергии.

В целом общая схема технологии переработки и использования навоза на современных животноводческих комплексах представлена на рис. 6 [2].

Технология разделения навоза на фракции, хранения и внесения в почву



Требования: влажность навоза (помета) – 90–94% и наличие с/х угодий для внесения органических удобрений не менее 0,7 га на одну условную корову КРС.

Технология позволяет уменьшить требуемый объем навозохранилищ на 17–20%, провести обеззараживание твердой фракции путем пассивного компостирования, повысить эффективность работы технических средств для транспортировки и внесения органических удобрений.

РИС. 6. Технология разделения навоза

Состояние вопроса по осуществлению деятельности по переработке и использованию навоза и помета

Навоз и помет могут использоваться в качестве сырья для приготовления вторичного продукта (органического удобрения) либо стать отходом (рис. 7).

При этом в разъяснении Минприроды России от 25.05.2016 по вопросу лицензирования деятельности по переработке и использованию навоза и помета [4] сказано, что при наличии технологического регламента [5] и/или технических условий требования к получению лицензий на деятельность по сбору, транспортированию, обработке,

утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I–IV классов опасности, оформлению паспортов, разработке проектов нормативов образования и лимитов на их размещение, расчету и внесению платы за негативное воздействие на окружающую среду при размещении отходов производства и потребления на навоз, помет, органические вещества и материалы распространяться не будут.

Потребность в технологических регламентах по обращению с навозом и пометом по Ленинградской области составляет 100% (т.е. не менее 116 ед.).



РИС. 7. Переработка и использование навоза/помета [6, 7]

Технологии переработки навоза и выбор наиболее рационального варианта на примере хозяйства хозяйствующего субъекта Ленинградской области

Хозяйствующий субъект является типичным для СЗФО современным предприятием по выращиванию КРС с беспривязной системой содержания животных общим поголовьем около 2000 голов, из них половина фуражных коров с надоем молока свыше 8300 т в год на одну фуражную корову. Выход навоза — 51 600 т/год, средняя влажность навоза — 92%, средний радиус транспортировки органических удобрений — 10 км.

На действующем хозяйствующем субъекте Ленинградской области предусматривается строительство сооружений по подготовке к использованию органического удобрения на основе органического сырья — экскрементов крупного рогатого скота.

В состав объектов строительства входит:

- ▶ цех разделения;
- ▶ барабанный ферментатор;
- ▶ резервуары для жидкой фракции (4 шт.).

Конструктивные решения:

- ▶ сепаратор разделения на фракции — 2 ед.;
- ▶ резервуары хранения жидкой фракции на 6000 куб. м — 4 ед.;
- ▶ биоферментационная установка (производительность 8 куб. м/сут) — 1 ед.;
- ▶ машины для внесения жидкой фракции (емкость 18 куб. м) — 2 ед.

Технологией предусмотрено, что при содержании коров в боксах на резиновых матах с использованием подстилки лишь для подсушивания лежаков влажность получаемого навоза составляет 87–88%, а с учетом стоков доильного зала — около 92%. Такой навоз необходимо хранить не менее 6 месяцев для обеззараживания.

Поэтому в проекте предлагается следующая технологическая линия навозоудаления для этих зданий. Уборка навоза из навозных и кормонавозных проходов коровников предусмотрена скреперными установками. Навоз в каждом здании сбрасывается

в поперечный канал, перекрытый решетчатым полом, по которому он с помощью шнековых конвейеров поступает в накопительную емкость. По мере накопления навоза в емкости насос автоматически перекачивает его по трубам, проложенным на глубине промерзания, в приемную емкость промежуточной насосной. Туда же перекачиваются стоки от мытья полов в доильном зале. После предварительной гомогенизации с помощью механической мешалки собранные со всех дворов навозные стоки перекачиваются по трубам, проложенным в земле на глубине промерзания, в цех разделения.

Работа линии сбора и перекачки навозных стоков из зданий осуществляется в автоматическом режиме по заданной программе.

В случае временного отказа насосов имеется возможность забора навоза из емкости промежуточной насосной непосредственно жижевозами.

Разделение навоза на фракции осуществляется с помощью шнековых пресс-фильтров. При этом в твердую фракцию выделяется до 15% от объема собираемого навоза. Влажность твердой фракции составляет 65–70%, что позволяет загружать ее в прицепы и перевозить на площадку для дальнейшего компостирования. Жидкая фракция после разделения имеет влажность 96–98%, практически не имеет в составе объе́дьев, семян сорняков, значительно легче перекачивается насосами в накопительные резервуары по трубам, проложенным на глубине промерзания.

Планируется использовать часть твердой фракции навоза для производства мягкой безопасной подстилки. Для этого предусмотрена фильтрационно-сушильная установка, которая обеспечивает

ускоренное аэробное компостирование, обеззараживание и подсушивание твердого навоза. Часть навозных стоков из первичной емкости цеха разделения подается в установку отдельным насосом. После разделения на фракции жидкая фракция сливается во вторичную емкость цеха разделения, а твердая подается в барабан ферментатора. На выходе из барабана получается готовый компост влажностью около 55%, который вносится в помещения для содержания животных в качестве подстилки.

Общий годовой выход жидкой фракции навоза составит 37 504 куб. м. Учитывая требования РД-АПК 1.10.15.02-17 [8], объем хранилищ для жидкой фракции навоза рассчитывается из условий хранения в течение не менее 6 месяцев с учетом атмосферных осадков за этот период. Общий объем навозохранилищ должен составлять не менее 20 тыс. куб. м. В проекте предусматривается строительство четырех стальных резервуаров по 6000 куб. м каждый, что отвечает требуемым условиям.

Дополнительно на территории хозяйствующего субъекта установлена биогазовая установка. Мощность генерации товарной электроэнергии — 140 кВт. Весь объем генерируемой энергии будет потребляться самим хозяйствующим субъектом.

Образуемые в процессе переработки навоза органические удобрения будут применяться на полях хозяйствующего субъекта с целью частичного замещения минеральных удобрений.

Таким образом, в результате технологического процесса подготовки исходного сырья получают органические удобрения и подстилка для содержания КРС, используемые для собственной деятельности хозяйствующего субъекта, связанной с реализацией сельскохозяйственной продукции.

Таблица 3. Методы, направленные на снижение образования отходов

Параметры цеха разделения:		
Производительность по органическому сырью	куб. м/день	149,40
Объем жидкой фракции	куб. м/день	102,75
Объем твердой фракции	куб. м/день	46,65
Объем подстилки до	куб. м/день	20,00

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ свидетельствует, что основными направлениями технологической и технической модернизации сельскохозяйственных предприятий по переработке и использованию навоза и помета следует считать:

- ▶ внедрение технологии разделения навоза на фракции для более эффективной переработки и последующего использования;
- ▶ обеспечение требуемого количества и вместимости навозохранилищ;

- ▶ увеличение доли хранилищ закрытого типа;
- ▶ внедрение ферментационных установок закрытого типа;
- ▶ внедрение заводов по сушке помета с целью его более эффективного использования;
- ▶ обеспечение необходимым количеством технических средств для транспортировки и внесения всего объема органических удобрений с учетом агротехнических сроков.



РИС. 8. Изготовление биоферментационной установки



РИС. 9. Машины для внесения жидких органических удобрений



РИС. 10. Монтаж емкостей накопления жидкой фракции



РИС. 11. Биокомплекс на территории хозяйствующего субъекта

ЛИТЕРАТУРА

1. Информационно-технический справочник наилучших доступных технологий ИТС 41-2017. Интенсивное разведение свиней. URL: http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1138&etkstructure_id=1872.
2. Информационно-технический справочник наилучших доступных технологий ИТС 42-2017. Интенсивное разведение сельскохозяйственной птицы. URL: http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1140&etkstructure_id=1872.
3. Комитет по агропромышленному и рыбохозяйственному комплексу Ленинградской области. URL: <https://agroprom.lenobl.ru/ru/>.
4. Позиция Минприроды России по вопросу лицензирования в области обращения с отходами животноводства. URL: https://www.mnr.gov.ru/open_ministry/answers_to_collective_appeal/pozitsiya_minprirody_rossii_po_voprosu_litsenzirovaniya_v_oblasti_obrashcheniya_s_otkhodami_zhivotno/.
5. Брюханов А. Ю., Максимов Д. А., Хухта Х., Васильев Э. В., Минин В. Б., Субботин И. А. Рекомендации по организации и проведению производственного экологического контроля систем переработки и использования навоза (помета). Порядок разработки Технологического регламента / Государственное научное учреждение Северо-Западный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук. — СПб., 2012. — 56 с.
6. ГОСТ Р 53117-2008. Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-53117-2008>.
7. Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242 с изменениями от 02.11.2018 г. № 451. URL: <https://ecology.government-nnov.ru/documents/active/11087/>.
8. РД-АПК 1.10.15.02-17 «Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета». URL: <http://docs.cntd.ru/document/495876346>.

УДК 504.062.2

ПРОМЫШЛЕННЫЙ СИМБИОЗ
ПРЕДПРИЯТИЙ Г. ЧЕРЕПОВЦА
С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСНОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ И СНИЖЕНИЯ
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ
СРЕДУ



А. И. Калачев

генеральный директор
ООО «ПЦВ», лидер консорциума
«Феникс», эксперт комитета
по энергетике Государственной
Думы РФ, эксперт общественного
совета Минприроды России, член
НТС Росприроднадзора

А. В. Ефимов

коммерческий
директор
ООО «ПЦВ»,
эксперт комитета
по энергетике
Государственной
Думы РФ

А. В. Уханов

главный технолог
ООО «ПЦВ»

Д. Х. Михайлиди

научный сотрудник
отдела методологии
ресурсосбережения
ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»

ВВЕДЕНИЕ

Моногород Череповец является одним из крупнейших промышленных центров России. Основу промышленного сектора г. Череповца составляют Череповецкий металлургический комбинат ПАО «Северсталь» (ЧерМК), производящий сталь, сталепрокат, металлоконструкции и строительные материалы, и химическое производство предприятий «ФосАгро», выпускающее фосфатное сырье

и фосфорсодержащие удобрения, на долю которых приходится более 93% всего объема промышленного производства города.

Развитая промышленность не может не влиять на экологическую обстановку города. Череповец входит в десятку российских городов с самым загрязненным воздухом [1].

Экономика замкнутого цикла

Общемировой тренд перехода в экономическом развитии на принципы экономики замкнутого цикла предусматривает изменение традиционных подходов к ресурсопользованию, поиск возможностей использования отходов в качестве техногенных ресурсов. Экономика замкнутого цикла подразумевает рациональное использование природных ресурсов и снижение загрязнения окружающей среды.

В 2020 году в Череповце было сформировано около 7,0 млн т твердых производственных отходов [2], что составляет 98% от общей массы, ТКО составляют около 2%. Шламонакопители, хвостохранилища и отвалы являются крупными источниками

загрязнения окружающей среды, в том числе за счет пыления и эмиссии в окружающую среду широкого спектра загрязняющих веществ.

Ежегодно на ЧерМК ПАО «Северсталь» образуется до 6,9 млн т различных отходов, из которых 75% перерабатывается (шлаки, лом, отработанные масла и эмульсии), 21% возвращается в производственный цикл в качестве сырья (пыль, шлам), 1% передается сторонним организациям для обезвреживания или утилизации (ртутные лампы, аккумуляторы, совтоловые трансформаторы), 3% отходов размещается на полигоне промышленных отходов. Минимизация размещаемых отходов — приоритетная экологическая задача компании [3].



ЧерМК является одним из лидеров металлургической отрасли России в части переработки отходов производства. При этом остается потенциал для улучшения этого показателя к уровню мировых практик — 98,5% (сейчас у ЧерМК 97%). В фокусе

внимания специалистов в первую очередь отходы, представляющие наибольший объем в общей массе образования на ЧерМК и в ресурсных активах компании: шлаки, шламы, пыль, «хвосты» медно-никелевых руд [4].

Проект строительства завода по производству молотого доменного металлургического шлака в г. Череповце

В 2020 году ООО «ПЦВ» [5], лидер консорциума «Феникс» [6], приняло решение и реализует пилотный проект создания завода по производству молотого доменного металлургического шлака

в г. Череповце с годовой мощностью 70 тыс. т (1-я очередь) с целью обеспечения производителей товарного бетона Санкт-Петербурга и Ленинградской области, Вологодской области, Москвы

и Московской области эффективной минеральной добавкой по экономически приемлемой цене для снижения себестоимости и улучшения качества строительства.

ООО «ПЦВ» активно участвует в решении проблемы золошлаковых отходов угольных ТЭС в России, разработана Программа экологизации угольной генерации РФ, принципы новой экологической политики РФ. При авторстве ООО «ПЦВ» совместно с НИИЖБ им. А. А. Гвоздева актуализирован ГОСТ 25818-2017 «Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия». Компания является одним из ведущих поставщиков зол уноса в России.

Молотый шлак — продукт, получаемый путем тонкого измельчения гранулированного доменного шлака, применяется в качестве активной минеральной добавки для получения различных видов цемента, изготовления растворов и бетонов в различных видах строительства, ЖБИ, а также

для производства сухих строительных смесей. Является микрозаполнителем, способствующим улучшению структуры строительно-технических свойств бетонов, улучшающим поверхность изделий, а также повышает долговечность бетона в сульфатных средах. Особо эффективен при сооружении ответственных фундаментов, поскольку снижает температурные напряжения при формировании бетона, что уменьшает и ликвидирует трещинообразование в фундаменте. В частности, без применения молотого металлургического шлака в качестве активной минеральной добавки было бы невозможно построить самое высокое здание в Европе — Лахта Центр ПАО «Газпром» в Санкт-Петербурге.

Реализация проекта строительства завода с годовой мощностью переработки гранулированного доменного шлака 70 тыс. т в год (1-я очередь с возможностью расширения до 200 тыс. т) является хорошей возможностью увеличить долю



перерабатываемых отходов ЧерМК на 1–2% и довести данный показатель до целевого уровня 98–99%.

Известно, что при производстве одной тонны цемента с учетом обжига клинкера в атмосферу выбрасывается около одной тонны углекислого газа. Таким образом, замещение молотым шлаком одной тонны цемента в бетонных системах приводит к снижению на одну тонну выбросов парниковых газов.

в качестве замещающей цемент активной минеральной добавки может быть обеспечено от 10 до 30% достижения данной цели. Так, снижение

углеродного следа ЧерМК после запуска 1-й очереди на 70 тыс. т составит 0,3 и 0,9% при выходе завода на полную мощность 200 тыс. т в год.

Тонкомолотый доменный гранулированный шлак является одним из самых эффективных материалов в части экономии цемента. Возможно замещение до 30% цемента в составе бетонной смеси без потери прочности, при этом достигается улучшение структуры строительно-технических свойств бетонов, улучшается поверхность изделий, а также повышается долговечность бетона в сульфатных средах. Данный материал достаточно хорошо изучен как активная минеральная добавка в цемент, кроме того, шлак является основным компонентом при получении шлакощелочных вяжущих и изделий на их основе.

Несмотря на технический прогресс, металлургическая отрасль является источником выбросов вредных веществ (на долю отрасли приходится от 7 до 9% мировых выбросов парниковых газов), а также крупным потребителем энергоресурсов. К наиболее важным показателям, применяемым для мониторинга эффективности климатической стратегии, относятся объем выбросов углекислого газа на тонну стальной продукции и суммарный объем выбросов парниковых газов.

На примере двух предприятий г. Череповца показана высокая эффективность промышленного симбиоза в рамках городской эколого-экономической системы, позволяющей металлургическому комбинату решить проблемы образующегося шлака, превратив побочные продукты металлургического предприятия в исходное сырье для производства активной минеральной добавки для бетонов. А за счет замещения цемента в бетонной системе молотым доменным металлургическим шлаком косвенно снижаются выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов, которые произшли бы на цементных заводах при производстве цемента. Тем самым снижается углеродный след как производимой ЧерМК стали в частности, так и российской экономики в целом.

В этом плане необходимо обратить внимание на то, что производство цемента — материалоемкий и энергоемкий процесс, для которого характерны значительные выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) и парниковых газов (ПГ). Замещение цемента молотым доменным металлургическим шлаком приводит к соразмерному снижению потребления цемента, а следовательно, и к соответствующему сокращению выбросов ЗВ и ПГ цементных заводов, затрат энергии на производство цемента и далее вниз по цепочке к сокращению негативного воздействия на окружающую среду при добыче сырья и энергоресурсов.

Суммарные выбросы парниковых газов увеличились на 1% в результате увеличения объема производства и ввода в эксплуатацию коксовой батареи №11 и доменной печи №3.

Усилия «Северстали» направлены на декарбонизацию: поставлена цель к 2023 году сократить интенсивность выбросов углекислого газа на 3% от уровня 2020 года. В результате реализации проекта строительства завода молотого шлака в г. Череповце и применения его продукции

ЧерМК	Выбросы парниковых газов, млн т CO ₂ e*			
	2017	2018	2019	2020
Область охвата 1	21,2	21,2	21,6	21,5
Область охвата 2	0,6	0,6	0,8	0,8
Области охвата 1 и 2	21,8	21,8	22,4	22,3

* https://www.severstal.com/files/55799/Annual_Report_2020_RUS.pdf

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На примере двух предприятий г. Череповца показана высокая эффективность промышленного симбиоза в рамках городской эколого-экономической системы, позволяющей металлургическому комбинату решить проблемы образующегося шлака, превратив побочные продукты металлургического предприятия в исходное сырье для производства активной минеральной добавки для бетонов. А за счет замещения цемента в бетонной системе молотым доменным металлургическим шлаком косвенно снижаются выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов, которые произшли бы на цементных заводах при производстве цемента. Тем самым снижается углеродный след как производимой ЧерМК стали в частности, так и российской экономики в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. URL: <https://basetop.ru/top-12-samyh-gryaznyh-gorodov-rossii-itogi-2020-goda/>

2. URL: <https://st.cherinfo.ru/pages/2018/05/29/informacio-sostoanii-okruzausej-sredy-i-prirodoohrannojdeatelnosti-v-cerepovce.pdf>

3. URL: <https://chermk.severstal.com/press-centr/news/cherepovetskiy-metkombinatuvelichivaet-peredachu-na-pererabotku-vtorsyrya-iotkhodov/>
4. URL: <https://chermk.severstal.com/press-centr/news/severstal-narashchivaet-kompetentsii-v-oblasti-pererabotki-otkhodov-i-sozdaniya-iz-nikh-novykh-produ/>

5. URL: <https://profcement.ru/>

6. URL: <http://ksfenix.org/>

Об авторах:

Андрей Иринеевич Калачев — генеральный директор ООО «ПЦВ», лидер консорциума «Феникс», эксперт комитета по энергетике Государственной Думы РФ, эксперт общественного совета Минприроды России, член НТС Росприроднадзора

Алексей Викторович Ефимов — коммерческий директор ООО «ПЦВ», эксперт комитета по энергетике Государственной Думы РФ

Александр Валерьевич Уханов — главный технолог ООО «ПЦВ»

Дмитрий Христофорович Михайлиди — научный сотрудник ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»

УДК 504.064.4

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО УЛАВЛИВАНИЮ CO₂ ИЗ ОТХОДЯЩИХ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА



И. В. Зайцева

инженер отдела промышленной экологии
ФГАУ «НИИ «ЦЭПП», г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

По данным Международного энергетического агентства, технологии улавливания и захоронения углерода (с англ.: carbon capture and storage technology, CCS) признаны критически важными для сдерживания роста температуры на планете в пределах 1,5–2 °С к 2050 г. Применение этих технологий — эффективный способ существенно снизить объем выбросов промышленных предприятий.

Ключевые слова:

экономика замкнутого цикла, отходы, вторичные ресурсы, парниковые газы, промышленный симбиоз, технология улавливания и захоронения углерода, ресурсоэффективность, энергоэффективность.

В настоящее время в мировом масштабе проблемы изменения климата и глобального потепления требуют приложения всеобщих усилий для снижения концентрации парниковых газов в атмосфере Земли. Улавливание диоксида углерода — это ключевая стратегия в достижении целей по снижению эмиссии CO₂.

На XXI Международной конференции по изменению климата было принято Парижское соглашение РКИК ООН от 12.12.2015 [1], основной целью которого является сдерживание потепления на планете на уровне менее 2 °С к 2050 г. Исходя из этого все страны мирового сообщества, включая Россию,

М. М. Наумова

научный сотрудник отдела промышленной экологии
ФГАУ «НИИ «ЦЭПП», г. Санкт-Петербург

В статье авторами рассмотрен апробированный инновационный опыт использования отечественной технологии по улавливанию CO₂ из отходящих дымовых газов в Нижегородской области, основанной на принципах экономики замкнутого цикла, который показал эффективность данной технологии в целях использования CO₂ в качестве ресурса для производства новой востребованной продукции (жидкая углекислота и «сухой лед»).

должны разработать собственные долгосрочные стратегии «низкоуглеродного» развития. В России принята Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 г., утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 09.06.2020 №1523-р [2], которая одной из приоритетных целей энергетической политики устанавливает принципы рационального природопользования и энергетической эффективности. В документе указывается на возрастающий интерес к технологиям улавливания, хранения и использования углерода, которые в перспективе могут оказать существенное влияние на использование ископаемых видов топлива.

Все в большей степени внимание фокусируется на необходимости удаления CO₂ из дымовых газов, образующихся при различных процессах в самых разных отраслях промышленности, включая энергетику.

Развивая договоренности Парижского соглашения по климату, многие страны приняли на себя обязательство перейти к экономике с нетто-нулевыми выбросами парниковых газов. Технологии улавливания, использования и хранения CO₂ (с англ. carbon capture, utilization and storage, CCUS) на сегодняшний день являются важным инструментом декарбонизации [3, 4].

Технологии CCUS подразделяются на:

- ▶ специализированные технологии улавливания углерода — технологии использования ископаемого топлива с улавливанием и хранением углерода (CCS); прямое улавливание из воздуха (DACCS), биоэнергетику с использованием технологий улавливания и хранения углерода (BECCS);
- ▶ технологии хранения углерода — хранение в минерализованных водоносных пластах, увеличение нефтеотдачи пластов;
- ▶ технологии использования углерода.

Технология утилизации CO₂ имеет ряд существенных недостатков и ограничений: для источников, располагающихся недалеко от мест возможного захоронения углерода (в виде CO₂), затраты могут быть невелики, однако доставка CO₂ от источников выбросов парниковых газов (электростанций, котельных) к местам захоронения будет связана с очень большими затратами.

Кроме того, отсутствует четкое представление о том, что будет происходить с закачанным

в скважины CO₂, поскольку могут образовываться его утечки из геологических структур или иные пути его высвобождения в атмосферу.

В Российской Федерации компании также начинают разработку технологий улавливания, использования и хранения CO₂ в основном в нефте- и газодобывающей отрасли, а также химическом комплексе. Они часто реализуются совместно с западными предприятиями, на основе импортных технологий.

В России в настоящее время отсутствует инфраструктура для улавливания, транспортировки и закачки CO₂ в минерализованные водоносные пласты. Решением вышеуказанных проблем, по мнению авторов статьи, может стать инновационная технология улавливания из продуктов сжигания природного газа на стационарных энергетических установках и использования CO₂ в качестве ресурса для производства новых востребованных продуктов (товаров) на основе принципов экономики замкнутого цикла.

Экономика замкнутого цикла подразумевает рациональное использование природных ресурсов и снижение загрязнения окружающей среды. В рамках данной экономической модели использованные ресурсы получают «вторую» жизнь благодаря включению дополнительного этапа — переработки израсходованных продуктов и материалов, который позволяет создать замкнутую систему использования ресурсов. Экономика замкнутого цикла базируется на принципе 3R — это наиболее предпочтительные подходы к обращению с отходами с точки зрения влияния на экологию — сокращение потребления, повторное использование, вторичная переработка [5].

Одним из механизмов реализации экономики замкнутого цикла является промышленный симбиоз. В основе промышленного симбиоза лежит принцип организации взаимосвязи между промышленными процессами предприятий посредством обмена сырьевыми и энергетическими потоками для создания взаимных выгод, в том числе производством продукции на основе вторичных ресурсов [6].

В экономике замкнутого цикла ценность продукции, материалов, ресурсов поддерживается и возобновляется на протяжении как можно более длительного периода времени, а образование эмиссий (выбросов, отходов, сбросов и др.) минимизировано. Таким образом, экономика замкнутого цикла способствует снижению материалов и энергоёмкости производства и потребления, вовлечения вторичных ресурсов в хозяйственный оборот и воспроизводство минерально-сырьевой базы [7].

Одной из стратегических задач в рамках «Основ государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года» (утв. Президентом России 30.04.2012) [8] признано обеспечение экологически ориентированного роста экономики и внедрения экологически эффективных инновационных технологий. Решением поставленной задачи является внедрение инновационных ресурсосберегающих, экологически безопасных и эффективных технологий на базе единой технологической платформы с активным участием государства, бизнес-сообщества, организаций науки и образования, общественных объединений и некоммерческих организаций.

В качестве кейса успешной реализации технологий улавливания, использования и хранения CO₂ на основе принципов экономики замкнутого цикла

в Российской Федерации можно привести группу компаний «Реал-Инвест».

На базе технопарка группы компаний «Реал-Инвест» в поселке Гидроторф Балахнинского района в Нижегородской области на территории, площадь которой достигает 165 гектар, уже функционируют несколько производств, одними из которых стали автономный энергетический центр, созданный на базе газопоршневых установок (ГПУ), заводы по переработке полимерной продукции, цех металлоконструкций, а также завод емкостного оборудования и первый в России завод по утилизации дымогарных газов, производству углекислоты и сухого льда.

В настоящий момент в поселке Гидроторф строится новый цех по производству емкостей под давлением увеличенного объема (до 100 куб. м) и производству передвижных цистерн под различные технические газы, в том числе и криогенные.

На рисунке 1 приведена карта расположения площадки «Реал-Инвест» в Нижегородской области, территориальное расположение и транспортная доступность.

Группа компаний «Реал-Инвест» была основана в 1999 г. В настоящее время это мощная инвестиционная группа компаний в Нижегородской области, в которую входят предприятия различных направлений деятельности, обладающие высококвалифицированным персоналом и использующие современные экологичные технологии.

В 2012 г. группой компаний «Реал-Инвест», впервые в России, был запущен высокотехнологичный завод по улавливанию дымогарных газов и производству из него жидкого диоксида углерода и «сухого льда» по зарубежному проекту Union Engineering (Дания).

Территориальное расположение —
транспортная доступность



РИС. 1. Карта расположения площадки «Реал-Инвест» в Нижегородской области

В 2016 г. был введен в эксплуатацию единый производственный комплекс, объединяющий в себе производство по выпуску жидкого диоксида углерода (жидкая углекислота), твердого диоксида углерода («сухой лед»), автономный энергокомплекс по выработке электрической и тепловой энергии на собственной площадке группы компаний «Реал-Инвест». Сырьем для завода по производству углекислоты являются продукты сгорания природного газа от газопоршневых установок энергоцентра. Мощность энергоцентра составляет на данный момент 21 МВт электрической и 22 МВт тепловой энергии (с возможностью расширения до 40 МВт).

Новый завод является третьим заводом «Реал-Инвест» по производству углекислоты. Если первый и второй завод были созданы на базе европейских

технологий последнего поколения, то в рамках строительства третьего завода путем НИОКР были созданы собственная технология и оборудование. Технология разработана учеными НГТУ им. Р. Е. Алексеева, оборудование для перерабатывающей установки изготовлено на собственных мощностях ГК «Реал-Инвеста».

Суть технологии состоит в улавливании дымовых газов от сжигания природного газа, очистке дымовых газов от вредных, потенциально опасных выбросов и получении товарного продукта — диоксида углерода с чистотой 99,99% с помощью колонного, теплообменного, насосного оборудования, в том числе колонны низкотемпературной ректификации. Плановый выпуск жидкой углекислоты после выхода установки на проектную мощность составит 17 тыс. т в год.

Это очень быстро растущий рынок, пользующийся большим спросом у потребителей, поскольку расширяются сферы применения углекислого газа, которые охватывают задачи от промышленного назначения до пищевого производства. Углекислота широко используется в пищевом производстве, при пожаротушении, применяется в работе тепличных хозяйств, при производстве «сухого льда», сварочных смесей, упаковочных материалов и во многих других отраслях промышленности. Углекислый газ (диоксид углерода) занимает важнейшее место среди технических газов, он широко используется практически во всех отраслях промышленности и агропромышленного комплекса. На долю CO₂ приходится 10% всего рынка технических газов.

Особый интерес для потребителей представляет твердый диоксид углерода, или «сухой лед». «Сухой лед» в гранулах лежит в основе самой инновационной технологии очистки — криогенного бластинга (ice blasting).

Суть метода очистки различных поверхностей от загрязнений заключается в ускоренной подаче струи сухого льда на очищаемую поверхность. В результате теплообмена загрязнения резко охлаждаются, сжимаются и легко удаляются с рабочей поверхности. А гранулы льда переходят в газообразное состояние и под давлением отделяют частицы грязи от поверхности. Технология криогенного бластинга — неабразивная очистка, позволяющая качественно очищать любые поверхности без каких-либо негативных последствий и являющаяся экономически выгодным методом. Индустриальная обработка сухим льдом нашла широкое применение в очистке промышленного и энергетического оборудования, металлоконструкций, древесины,

камня. Сухой лед также позволит заменить жидкий азот (дорогое и особо опасное вещество) сухим льдом на предприятиях, которым необходим холод.

Выпускаемая продукция — жидкая углекислота — соответствует стандарту ГОСТ 8050-85 «Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия» сорт высший и ТУ 2114-001-30487086-2012. С 2014 г. на предприятии внедрен международный стандарт менеджмента безопасности и качества пищевой продукции FSSC 22000, что ежегодно подтверждается международными аудитами.

Часть готовой продукции — криобласт-гранулы — применяется на территории технопарка «Реал-Инвест» в качестве абразивного очищающего средства. Еще одним важным достоинством этого метода является отсутствие вторичных отходов.

На территории технопарка производят обширную линейку емкостного газгольдерного оборудования, которое может использоваться для хранения CO₂ и в дальнейшем быть утилизировано.

Еще одним направлением экономики замкнутого цикла на территории «Технопарк Реал-Инвест» является переработка полимерных отходов (ПЭТ-тары и отходов полипропилена).

В октябре 2018 г. введена в эксплуатацию первая очередь завода по переработке ПЭТ-тары производительностью 3000 т в год. В апреле 2020 г. запущена вторая очередь завод по переработке ПЭТ-тары (JIANGSU BEIER MACYINERY CO., LTL). Отходы пластиковых бутылок из полиэтилтарфалата (ПЭТ) на территорию технопарка поступают из разных мест сортировки отходов, в том числе и с Кстовского мусоросортировочного комплекса.

После их обработки (снятия этикеток, промывки и измельчения) получают вторичную продукцию — ПЭТ-флексу — для дальнейшего использования в качестве вторичного гранулята, волокна, пленки, литья и др.

Продукция из полимерных отходов также встроена в цепочку экономики замкнутого цикла и используется в технологическом процессе на территории технопарка на заводе производства емкостного оборудования.

Достигнутые объемы производства (9000 т в год) обеспечат переработку более 50% ПЭТ-отходов, образуемых в Нижегородской области.

Перечень видов технологических решений утилизации образующихся отходов производства и потребления промышленных предприятий и производимых на их основе вторичных ресурсов и продукции приведен в таблице 1.

Также подвергаются переработке отходы полипропилена, который перерабатывается во вторичные гранулы, которые могут повторно использоваться (при производстве водопроводных и газовых труб, различные элементы для несущих конструкций зданий, крепежей, тепло- и гидроизоляции).

На рисунке 2 приведена действующая схема движения отходов и продукции на территории технопарка «Реал-Инвест» с учетом принципа экономики замкнутого цикла.

Таблица 1. Перечень технологических решений утилизации образующихся отходов производства промышленных предприятий и производимых на их основе вторичного сырья и продукции в экотехнопарке

Наименование производства	Наименование технологического процесса, виды отходов	Виды вторичного сырья и продукции	Применение продукции
Генерация энергии	Сжигание природного газа	Электроэнергия Теплоэнергия	Продажа электроэнергии
		Дымогарные газы	
Производство технических газов	Очистка, улавливание дымогарных газов	Дымогарные газы	Получение углекислого газа (CO ₂)
Производство продукции из CO ₂	Углекислый газ (CO ₂)	«Сухой лед» в гранулах и в брикетах, жидкая углекислота	Для резидентов технопарка в пищевой промышленности, в химической, строительной отрасли, производство строительных материалов, металлургия, тяжелая промышленность, добывающая промышленность и др.
Переработка полимерных отходов	Переработка отходов ПЭТ-тары	ПЭТ-флекса	Химический комплекс, пищевая промышленность (упаковочные материалы), производство строительных материалов
	Переработка полипропилена	Вторичная гранула полипропилена	Резиденты ЭТП, химический комплекс
Производство емкостного оборудования	Ремонт, изготовление деталей из полимерной продукции	Использование вторичного сырья из полимерной продукции	Строительный комплекс, автомобильная промышленность и др.

Создание экономически обоснованной системы использования вторичных ресурсов и сокращения негативного воздействия промышленного производства на окружающую среду (за счет сокращения эмиссий и количества отходов, не прошедших переработку) — стратегическая задача развития промышленности Российской Федерации и внедрения экологически, экономически и ресурсоэффективных технологических процессов. Возвращение вторичных ресурсов в хозяйственный оборот представляет собой важнейшее направление экологической промышленной политики [9].

Показателями эффективности деятельности технопарка «Реал-Инвест» и внедрения новых технологий являются:

- улавливание — 60,3 CO₂-экв. т;
- получение продукции из CO₂ — 36 540 т;
- снижение полигонального захоронения отходов — 9000 т;
- производство 7200 т полимерной продукции для повторного использования;
- ресурсоэффективность — более 50%;
- энергоэффективность — цена на энергоресурсы ниже на 30%.

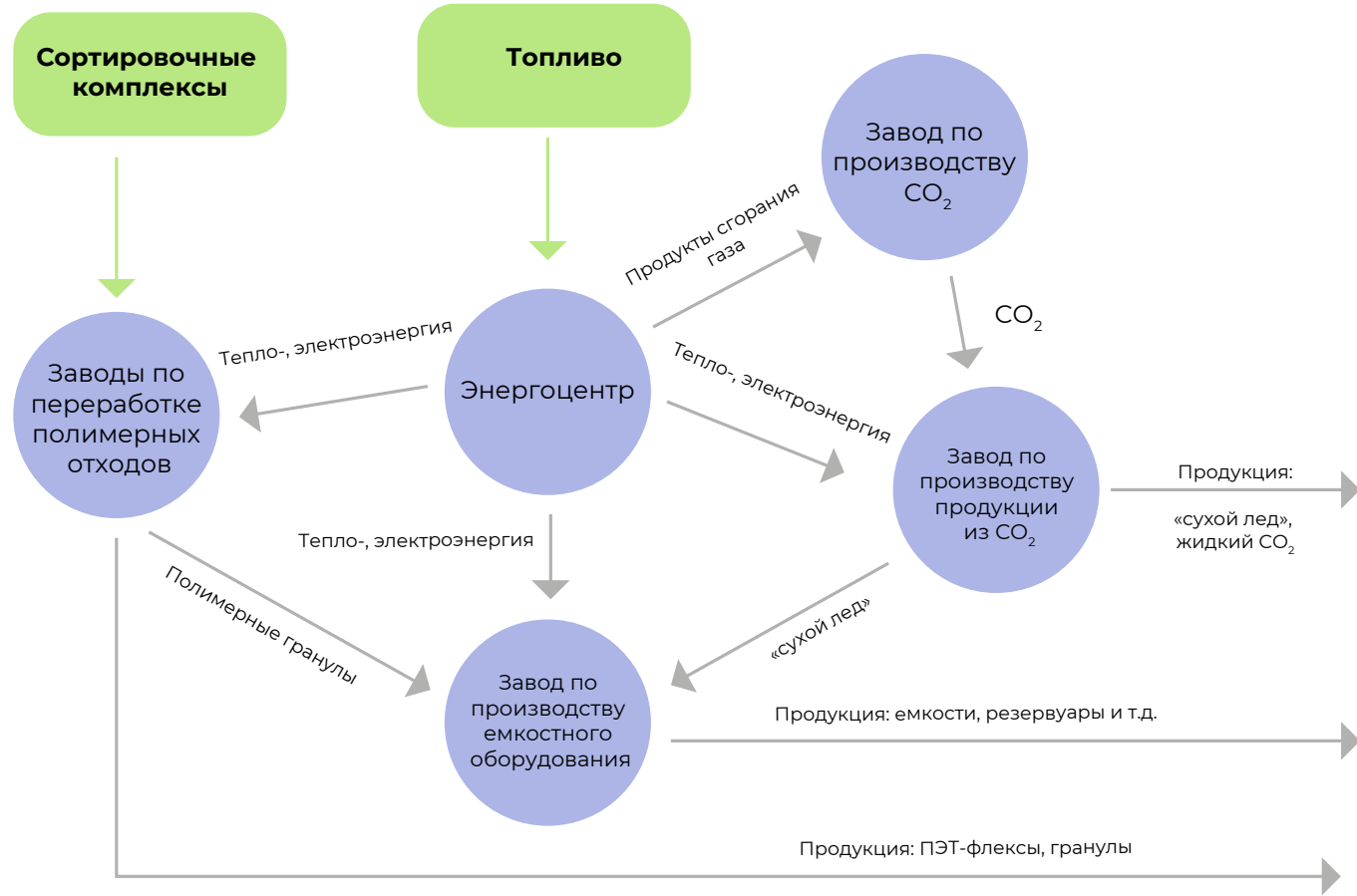


РИС. 2. Схема движения отходов и продукции на территории технопарка «Реал-Инвест» с учетом принципа экономики замкнутого цикла

Таким образом, технопарк «Реал-Инвест» соответствует принципам экономики замкнутого цикла:

- ▶ максимальный возврат в экономический оборот отходов и побочных продуктов, образующихся в результате хозяйственной деятельности человека;
- ▶ увеличение ресурсоэффективности промышленных предприятий;
- ▶ снижение полигонного захоронения отходов;
- ▶ сокращение образования отходов, выбросов и сбросов загрязняющих веществ (особое внимание уделяется парниковым газам);
- ▶ ресурсосбережение;
- ▶ промышленный симбиоз (обмен ресурсами).

Рассмотренный в статье опыт внедрения инновационной отечественной технологии по улавливанию CO₂ из отходящих дымовых газов в Нижегородской области, основанной на принципах экономики замкнутого цикла, показал эффективность данной технологии в целях использования CO₂ в качестве ресурса для производства новой востребованной продукции (жидкая углекислота и «сухой лед»). В дальнейшем уловленный парниковый газ (CO₂) возможно утилизировать за пределами производственной площадки, что в конечном итоге способствует достижению целей и задач декарбонизации.

Данная инновационная технология направлена на решение следующих стратегических целей и задач:

- ▶ создание нового поколения промышленных установок для очистки дымовых газов от вредных, потенциально опасных выбросов;
- ▶ получение товарного продукта — диоксида углерода с чистотой 99,99%;
- ▶ уменьшение зависимости российских предприятий от импорта углекислоты высокой степени очистки;
- ▶ обеспечение независимости российского рынка от импортного оборудования;
- ▶ создание оборудования по экстракции диоксида углерода, превосходящего зарубежные установки и позволяющего конкурировать на мировом рынке производителей аналогичного оборудования и поставлять заводы по производству сжиженной углекислоты на экспорт.

Разработка отечественного оборудования такого класса позволит наладить его промышленное производство и тиражировать данную установку с разной производительностью и разными параметрами исходного сырья по запросу потребителей во многих регионах Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Парижское соглашение РКИК ООН от 12.12.2015 // Бюллетень международных договоров, № 4, апрель 2020 г.

2. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 г., утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 09.06.2020 № 1523-р.

3. Global CCS Institute, 2019, Targeting Climate Change: Growing Momentum for Carbon Capture and Storage, <https://www.globalccsinstitute.com/resources/global-status-report/> accessed August 2020.

4. Технологический обзор. Улавливание, использование и хранение углерода (CCUS) / Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций/ Website: <http://www.unepce.org/>

5. Сафрыгин М. Ю. Промышленный симбиоз как инструмент межотраслевого взаимодействия / М. Ю. Сафрыгин, Н. В. Козлова; науч. рук. Н. В. Козлова // Экономика России в XXI веке: сборник научных трудов XI Международной научно-практической конференции «Экономические науки и прикладные исследования: фундаментальные проблемы модернизации экономики России», посвященной 110-летию экономического образования

в Томском политехническом университете, Томск, 18–22 ноября 2014 г.: в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); ред. кол. Г. А. Барышева [и др.]. — 2014. — Т. 1. — С. 268–270.

6. Марьев В. А., Смирнова Т. С., Киселева С. П. Эко-технопарки как основа комплексной системы управления отходами и вторичными ресурсами (мировой опыт) // Эколого-ориентированное управление рисками и обеспечение безопасности социально-экономических и общественно-политических систем и природно-техногенных комплексов: сборник материалов круглого стола / Государственный университет управления. — М.: Издательский дом ГУУ, 2017. — С. 102–110.

7. Скобелев Д. О., Федосеев С. В. Политика повышения ресурсоэффективности и формирования экономики замкнутого цикла // Компетентность // № 3/2021 / С. 5–14.

8. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 г., утв. Президентом России 30.04.2012.

9. Скобелев Д. О. Возврат вторичных ресурсов в экономический оборот должен стать неотъемлемой частью промышленной политики страны // Компетентность // № 4/2020 / С. 8–15.

УДК 502.131

ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ Г. КРАСНОЯРСКА С РОСТОМ РЕСУРСОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ РАЗВИТИИ ГОРОДА



С. Н. Белокопытов

старший инженер отдела аналитики и статистики ресурсной эффективности ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»

С. А. Власенко

начальник отдела аналитики и статистики ресурсной эффективности ФГАУ «НИИ «ЦЭПП», к. т. н.

М. И. Сидоров

главный научный сотрудник отдела аналитики и статистики ресурсной эффективности ФГАУ «НИИ «ЦЭПП», д. т. н.

Введение

В статье проведен анализ актуализированной ситуации по возможным путям уменьшения загрязнения атмосферного воздуха в г. Красноярске. Красноярск входит в список промышленных городов с высоким уровнем загрязнения. Основными источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при этом являются угольные котельные, теплоэлектроцентрали и Красноярский алюминиевый завод.

Методы исследования

Работа основана на аналитическом подходе с исследованием межотраслевого баланса, оценкой выбросов загрязняющих веществ, сравнительным анализом вероятных решений по оптимизации схемы теплоснабжения крупного промышленного центра, изучением отраслевых норм и правил.

Ключевые слова:

загрязнение атмосферного воздуха, выбросы загрязняющих веществ, негативное воздействие на окружающую среду, наиболее доступные технологии, Красноярск, угольные котельные, ТЭЦ.

Для цитирования:

Белокопытов С.Н., Власенко С.А., Сидоров М.И. Пути уменьшения негативного воздействия на окружающую среду г. Красноярска с ростом ресурсопотребления при развитии города.

Обсуждение и результаты

В статье рассмотрены мероприятия по снижению выбросов ЗВ путем вывода из эксплуатации 35 котельных, модернизации ТЭЦ-1, ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3, использования оборудования наиболее доступных технологий, более высоких дымоотводящих труб (учитывающих рельеф местности) и на перспективу развития города — утилизации сбросного тепла с КраЗ. На основе сравнительной оценки выбросов ЗВ теплоэлектростанциями и угольными котельными применен рациональный подход по определению направлений уменьшения загрязнений атмосферы города.

Заключение

Предложено сфокусировать внимание на поиске наиболее доступных технологий при практической реализации уменьшения загрязнений атмосферы г. Красноярска наиболее опасными ЗВ, такими как: диоксид серы (SO₂) оксид азота (NO), диоксид азота (NO₂) и золошлаки.

ВВЕДЕНИЕ

Красноярск — большой промышленный мегаполис, столица Сибири. На его территории располагаются 118 промышленных предприятий. На протяжении последних трех лет он трижды возглавлял рейтинг мегаполисов мира с самым высоким уровнем загрязнения атмосферы. Загрязнение атмосферного воздуха в Красноярске, периодическое появление эффекта «черного неба» — постоянные экологические проблемы города. Как видно из прессы Красноярска, принято считать, что основными источниками загрязнения воздуха из промышленности города (118 предприятий) и транспорта являются Красноярский алюминиевый завод (далее — КрАЗ), теплоэлектроцентрали, в том числе ТЭЦ-1 — самый крупный источник тепловой и электрической энергии в городе, ТЭЦ-2, находящиеся в черте города, ТЭЦ-3, а также более 90 котельных, преимущественно — угольных [1].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа основана на аналитическом подходе с использованием методов исследования: межотраслевого баланса, оценки выбросов загрязняющих веществ, сравнительного анализа вероятных решений по оптимизации схемы теплоснабжения крупного промышленного центра, отраслевых норм и правил. Проведен анализ вероятных

Красноярск, согласно данным Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 г.» [2], вошел в список городов с самым высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха. В августе 2020 и июле 2021 г. индекс качества воздуха (AQI) в городе снова занял первую строчку рейтинга. Федеральным проектом «Чистый воздух» в период 2018–2024 гг. предусмотрена реализация комплекса мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферный воздух в крупных промышленных центрах России, в том числе и в Красноярске. Одной из основных целей проекта является снижение валовых выбросов ЗВ не менее чем на 20% в наиболее загрязненных городах [3].

решений по оптимизации схемы теплоснабжения крупного промышленного центра. Авторы не проводили собственных измерений, но использовали экспериментальные результаты, статистические данные, а также данные официальной отчетности — как федеральных, так и региональных органов исполнительной власти.

Обзор исходной информации и подходов решения проблемы

В Государственном докладе «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2020 г.» [1] даны характеристики загрязнения воздуха в 2020 г.

В 2020 г. уровень загрязнения г. Красноярска характеризуется как высокий. Комплексный индекс загрязнения атмосферы ИЗА5 < 13, стандартный индекс (СИ) — 25,91 (по бенз(а)пирену), наибольшая повторяемость (НП) превышения ПДК м.р. — 23,5% (по взвешенным веществам). Основной вклад в уровень загрязнения внесли взвешенные вещества, диоксид азота, аммиак, формальдегид, бензапирен.

В атмосфере города в 2020 г. зафиксированы частые случаи превышений ПДК м.р. по взвешенным веществам, диоксиду серы, оксиду углерода, диоксиду и оксиду азота, фенолу, хлориду водорода, аммиаку, формальдегиду, ксилолу и этилбензолу.

В 2020 г. зафиксировано 12 случаев, когда средние за месяц концентрации бенз(а)пирена превышали ПДК с.с. в 10 и более раз. По сравнению с 2019 г. наблюдается снижение числа случаев «высокого» загрязнения бенз(а)пиреном с 15 до 12.

По сравнению с 2019 г. уровень загрязнения атмосферного воздуха в целом по городу не изменился — высокий.

Таблица 1. Характеристики загрязнения

Город	Год	ИЗА5	Примесь	СИ	Примесь	НП, %	Примесь	Уровень загрязнения
Красноярск	2020	<13	ВВ, NO ₂ , NH ₃ , Ф, Бп	25,91	Бп	23,3	ВВ	Высокий
	2019	<13	ВВ, NO ₂ , NH ₃ , Ф, Бп	22,0	Бп	2,9	Ф	Высокий

ПРИМЕЧАНИЯ. СИ — стандартный индекс, наибольшая концентрация примеси, деленная на ПДК м.р., из данных измерений по всем примесям в городе за год; НП — наибольшая повторяемость превышения ПДК, из данных измерений на всех постах наблюдения за всеми определяемыми примесями; ИЗА5 — комплексный индекс загрязнения атмосферы по 5 приоритетным для города загрязняющим веществам. При ИЗА5 0–4, СИ 0–1, НП 0% уровень загрязнения низкий; при ИЗА5 5–6, СИ 2–4, НП 1–19% — повышенный; при ИЗА5 7–13, СИ 5–10, НП 20–49% высокий; при ИЗА5 ≥ 14, СИ > 10, НП > 50% уровень загрязнения очень высокий. Ф — формальдегид, Бп — бенз(а)пирен, ВВ — взвешенные вещества, NO₂ — диоксид азота, NO — оксид азота, SO₂ — диоксид серы, H₂S — сероводород, NH₃ — аммиак, Эб — этилбензол, СО — оксид углерода.

1) письмо ФГБУ «ГГО» от 31.03.2021 № 832/25;

2) письмо ФГБУ «ГГО» от 27.03.2020 № 845/25.

Наиболее высокие значения СИ отмечались в холодное время года. Максимум был зафиксирован в январе (25,91). В период с января по сентябрь наблюдались высокие значения НП (%), наибольшая повторяемость отмечалась в апреле (66,7%) и сентябре (66,3%) (рис. 1).

Тенденция изменений уровня загрязнения атмосферы. В пятилетнем ходе наибольшее значение СИ было зафиксировано в 2016 г. Наибольшая повторяемость наблюдалась в 2020 г. (рис. 2).

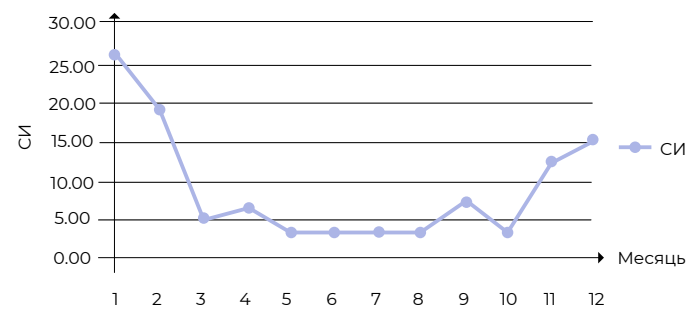
Таким образом, из анализа характера и уровня загрязнений можно заключить, что одними из основных источников являются большое количество малоэффективных котельных, ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3 и КраЗ.

Основные характеристики данных активов:

► **Красноярская ТЭЦ-1**

Красноярская ТЭЦ-1 — одна из крупнейших станций Сибирской генерирующей компании

а) годовой ход СИ



б) годовой ход НП

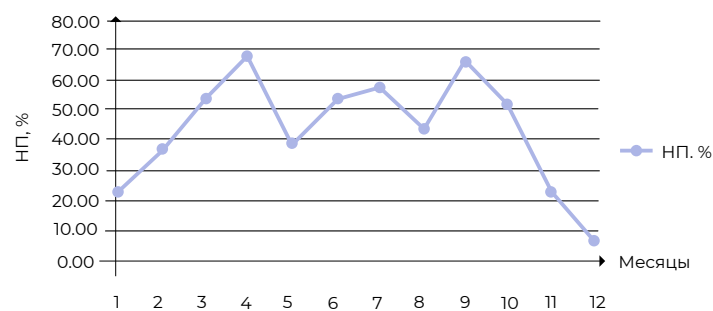
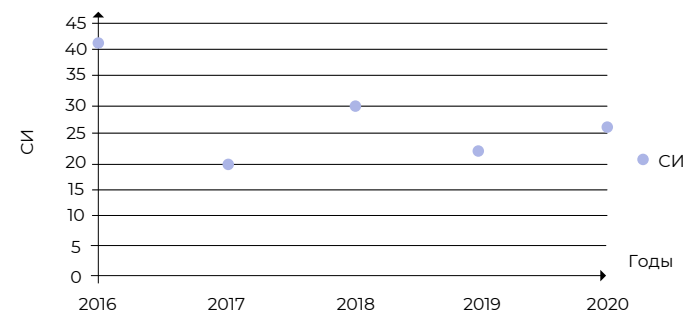


РИС. 1. Годовой ход показателей загрязнения атмосферы в г. Красноярске

а)



б)

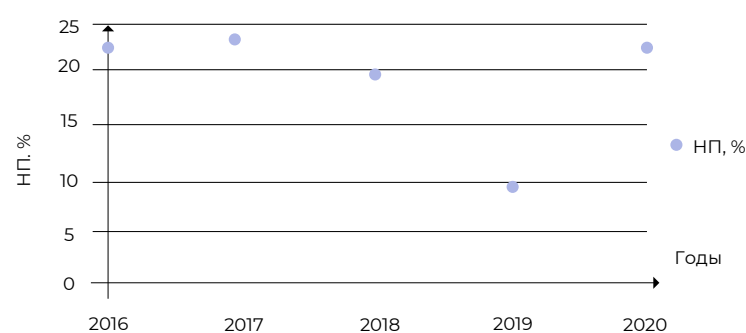


РИС. 2. Изменение показателей загрязнения атмосферы в г. Красноярске за период 2016–2020 гг.: а) – СИ, б) – НП

по установленной тепловой мощности, составляющей 1677 Гкал/ч. Установленная электрическая мощность станции — 485,9 МВт.

ТЭЦ-1 дает тепло и горячую воду более 400 тысячам жителей право- и левобережной частей Красноярска и пригородного поселка Березовка, обеспечивает тепловой энергией такие крупные промышленные предприятия, как АО «КЖБМК», АО «Гамбит», АО «Красноярский завод синтетического каучука», ОАО «Красноярский завод цветных металлов», АО «Красмаш».

Оборудование станции составляют 17 котлоагрегатов (4 котлоагрегата паропроизводительностью 230 т/ч каждый, 9 котлоагрегатов паропроизводительностью 220 т/ч, 4 котлоагрегата паропроизводительностью 270 т/ч) и 9 турбин (4 турбины мощностью 25 МВт каждая, 2 турбины мощностью 60 МВт, 1 турбина мощностью 65 МВт, 1 турбина мощностью 87 МВт и 2 турбины мощностью 57 МВт).

Электростанция преимущественно работает в теплофикационном режиме, обеспечивая наиболее экономичное комбинированное производство тепла и электроэнергии лишь на 50%. На Красноярской ТЭЦ-1 трудятся более 800 человек.

► **Красноярская ТЭЦ-2**

Красноярская ТЭЦ-2 отапливает и снабжает горячей водой Свердловский, Центральный, Железнодорожный и Октябрьский районы Красноярска иставляет пар предприятиям южного промышленного узла (ХМЗ, «Кульбытстрой», «Волна», цементный завод, кондитерская фабрика «Краскон»). ТЭЦ-2 преимущественно работает в теплофикационном режиме, обеспечивая наиболее экономичное комбинированное производство тепла и электроэнергии.

Оборудование Красноярской ТЭЦ-2: 3 котлоагрегата паропроизводительностью 380 т/ч каждый, 3 котлоагрегата паропроизводительностью 500 т/ч, 2 котлоагрегата тепловой мощностью 135 Гкал/ч каждый, 3 турбоагрегата с установленной мощностью 110 МВт каждый, 1 турбоагрегат с установленной электрической мощностью 135 МВт. На станции работают более 740 сотрудников. Основным топливом для Красноярской ТЭЦ-2 является уголь Бородинского разреза. Угольный склад емкостью 340 тыс. т открытый. Растопка котлов производится на мазуте. Одним из направлений в рамках экологической деятельности является пилотный проект безмазутного розжига котлов.

► **Красноярская ТЭЦ-3**

Красноярская ТЭЦ-3 — самая современная электростанция Красноярска, введена в строй в 2012 г. Она обеспечивает теплом промышленные предприятия Советского района — в частности, микрорайоны Северный, Взлётка, Иннокентьевский, а также микрорайон Покровский Центрального района краевого центра.

Оборудование станции составляют: 1 энергоблок, в состав которого входят 1 энергетический котел с тепловой производительностью 670 т/ч и турбина с установленной электрической мощностью 208 МВт и тепловой мощностью в 140 Гкал/ч, 4 водогрейных котла тепловой мощностью 100 Гкал/ч каждый (ПВК) и 3 паровых котла паропроизводительностью по 25 т/ч каждый (ПОК). На станции работают более 600 сотрудников. Энергоблок №1 Красноярской ТЭЦ-3 — первый угольный блок в России, строительство которого велось в рамках ДПМ-1. При его проектировании была сделана ставка на энергоэффективность и экологичность. Сегодня остаточная запыленность энергоблока №1 Красноярской ТЭЦ-3 составляет в среднем 25 мг/м³.

Строительство нового энергоблока на Красноярской ТЭЦ-3 начнется во второй половине 2021 г. Котлоагрегат паропроизводительностью 810 т/ч и турбина с генератором мощностью 185 МВт должны заработать в 2024 г. Кроме того, предусмотрено строительство градирни и циркуляционной насосной станции. Основным проектным видом топлива для котла энергоблока и пиковой водогрейной котельной Красноярской ТЭЦ-3 является бурый уголь Бородинского разреза. Резервное топливо не предусмотрено. Растопочное топливо — мазут марки М-100. Увеличение мощности Красноярской ТЭЦ-3 позволит перераспределить нагрузку между красноярскими станциями с учетом экологической обстановки в городе, а также в совокупности со строительством магистральных тепловых сетей заместить неэффективные котельные.

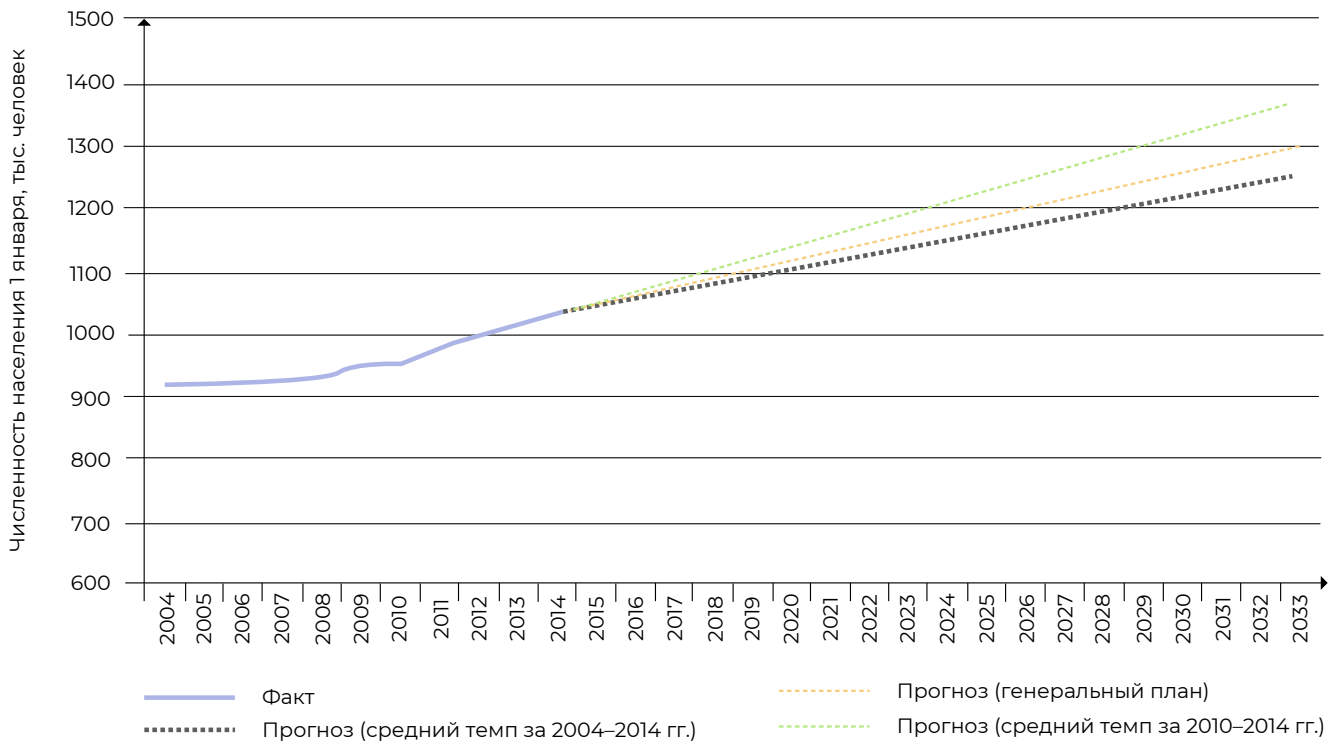


РИС. 3. Рост численности населения г. Красноярска

► Угольные котельные

Исследования красноярских экологов свидетельствуют, что из всех предприятий теплоэнергетики больше вреда атмосфере приносят морально и материально устаревшие небольшие ведомственные и муниципальные котельные с низкими трубами, где системы очистки или обветшали, или совсем отсутствуют. Такие котельные зачастую отапливают либо сами предприятия, либо пару кварталов. Однако вреда приносят много из-за низкой высоты труб и отсутствия или несовершенства систем очистки выбросов.

На данное фактическое состояние производителей тепловой нагрузки накладывается необходимость прогнозировать рост на перспективу. Рост связан как с развитием производства, так и с увеличением числа жителей.

В табл. 2 ниже приведен прогноз прироста тепловых нагрузок (Гкал/ч) по районам города согласно дан-ным Схемы теплоснабжения г. Красноярска до 2033 г.

За весь рассматриваемый период тепловая нагрузка увеличится на 857,0 Гкал/ч (в среднем на 53,6 Гкал/ч в год). При этом основной дефицит недостающей

тепловой мощности наблюдается в районах, распо-ложенных на левом берегу р. Енисей. Комплексный план модернизации ТЭЦ 1, 2, 3 г. Красноярска пред-полагает развитие тепловой мощности в левобе-режной части г. Красноярска и является необходи-мым элементом обеспечения тепловых мощностей под ожидаемый рост нагрузок.

Таблица 2. Прогноз прироста тепловых нагрузок

Район	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2017–2032
Емельяновский		1	1,3	2,9	3,5	9,4	3,5	8,5	3,5	2,2	7,9	3,5	3,5	37,7	16,2	11,1	115,4
Железнодорожный	0,1		0,1	2,6	1,3	0,1			2,2	0,6	3,1	3,1			0,5	2,7	16,4
Кировский	6,9	4,4	3	2,1	1,8	6,5	1,4		0,1	1,2	0,1	0,2	2,5		2,4	4,9	37,6
Ленинский	7,7	0,7	5,8		1,5	1		6,2			1,9		0,2		0,2		25,2
Октябрьский	12,2	13,3	4,3	9,8	25,8	13,7	14,5	5,3	7,3	30,5	6,5	24,9	15,6	15,5	12,1	36,2	247,7
Свердловский	5,8	16,8	14	17	0,1	3,4	1,6	4,7	2,2	0,1	1,1	10,3	7,7	1,4	2,8		89,1
Советский	17,1	12,9	22,9	13,8	1,4	10,4	18,4	9,4	40,4	5,2	28,3	6,8	14,1		1,8		203
Центральный	3,8	3,9	2	5,3	15,7	7,9	14,2	22,2	0,4	13,4	3,4	2,2	10,5		17,9		122,7
Всего прирост тепловой нагрузки	53,5	53	53,5	53,5	51,1	52,4	53,5	56,3	56,1	53,2	52,3	50,8	54,2	54,7	53,9	55	857

Высокие трубы ТЭЦ, в отличие от труб других источников выбросов, изначально спроектированы с целью минимизировать вредные выбросы для города

- Незамерзающий Енисей формирует облако водяного пара над Красноярском
- Загрязняющие вещества из низких источников (автотранспорт, бытовое отопление на дровах, мусоре и угле, котельные, промышленность) не могут «пробиться» через это облако и концентрируются вблизи поверхности Земли
- Выхлопные газы из высоких дымовых труб (ТЭЦ), имеющие более высокую температуру, выбрасываются выше этого облака и рассеиваются над ним: основные вредные вещества при нормальной ветровой обстановке уносятся на расстояние 40–70 км
- Вторичное загрязнение автодорог: пыль от автотранспорта и средств обработки дорог от гололеда

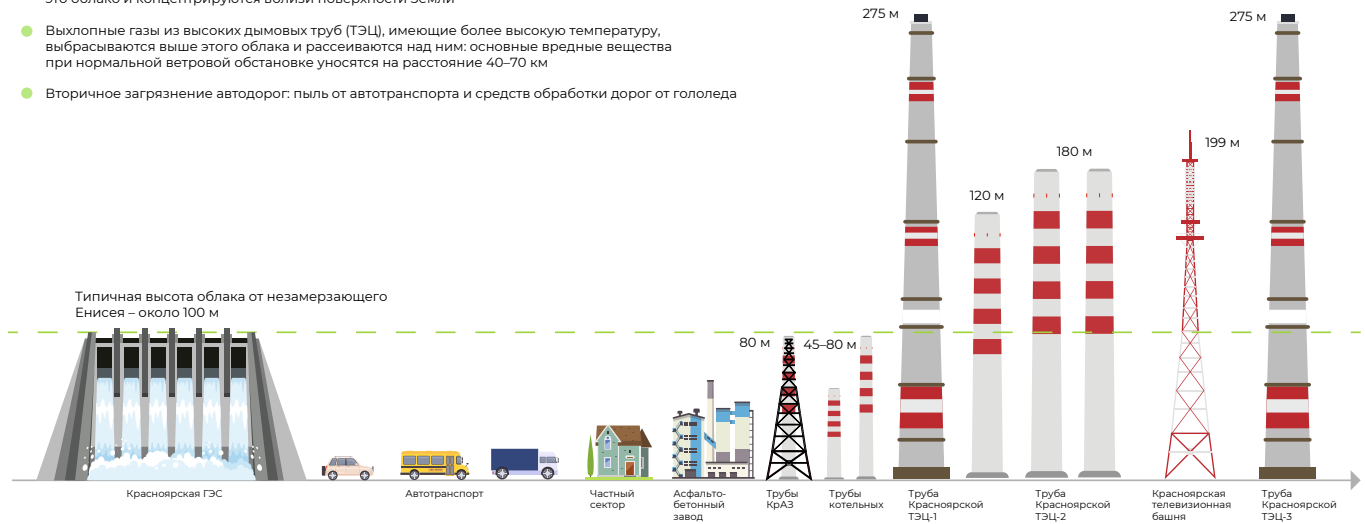


РИС. 4. Основные источники НВОС г. Красноярска

Выводы по исходным данным

Анализируя исходные данные и техническую оснащенность основных загрязнителей атмосферного воздуха в Красноярске, можно подчеркнуть, что ТЭЦ, работающие на одном из самых «грязных» видов углеводородного топлива, выбрасывают в 3,6 раза больше среднеотраслевых показателей ЗВ по региону. При этом угольная котельная на единицу выработанного тепла выбрасывает в атмосферу в 5–8 раз больше ЗВ, чем теплоэлектроцентральный. Таким образом, несмотря на то, что ТЭЦ-1 — относительно более «грязный» способ получения энергии по сравнению со среднеотраслевыми показателями, из-за различий в технологиях сжигания угля и очистки дымовых газов ее выбросы значительно ниже, чем от угольных котельных.

При этом надо отметить, что ЗВ от котельных выбрасываются через организованные источники

(трубы) меньшей высоты, чем трубы ТЭЦ, а рассеяние выбросов формирует более высокие концентрации ЗВ в приземном слое воздуха, особенно в условиях рельефа местности городской застройки.

В то же время за период с 2005 по 2020 г. Красноярские ТЭЦ 1, 2 и 3 существенно снизили выбросы ЗВ, а именно на 38%. Это позволяет принять решение о переносе части тепловой нагрузки от неэффективных источников теплоснабжения на ТЭЦ.

Центральным пунктом Комплексного плана мероприятий по снижению выбросов ЗВ в атмосферный воздух в г. Красноярске является п. 3 «Теплоэнергетика и частный сектор». Это — 21 тыс. т, или 49% от требуемого снижения, 68% от требуемых инвестиций (рис. 5).

Проекты по улучшению экологической обстановки

Направления для существенного снижения воздействия основных источников загрязнения на атмосферный воздух от сектора энергетики:

- Модернизация АО «Красноярская ТЭЦ-1».

В рамках проекта предусмотрен снос трех труб высотой 105, 105 и 120 метров для того, чтобы освободить место для строительства электрофильтров и новой дымовой трубы высотой 275 метров, что позволит улучшить рассеивание загрязняющих веществ и снизит концентрации загрязняющих веществ в приземном слое минимум в 7 раз.

- Устанавливаемые электрофильтры (14 единиц) будут обладать эффективностью очистки от твердых частиц не менее 99,5%, что позволит снизить концентрацию твердых частиц в отходящих дымовых газах со средних 600 мг/м³ до не более 50 мг/м³. Это в цифровом выражении составит снижение выбросов твердых частиц около 7000 т/год.
- Создание мощностей на Красноярской ТЭЦ-3 для баланса по тепловой нагрузке в связи с замещением малоэффективных котельных и подключением новых потребителей.

Выбросы в тысячах т

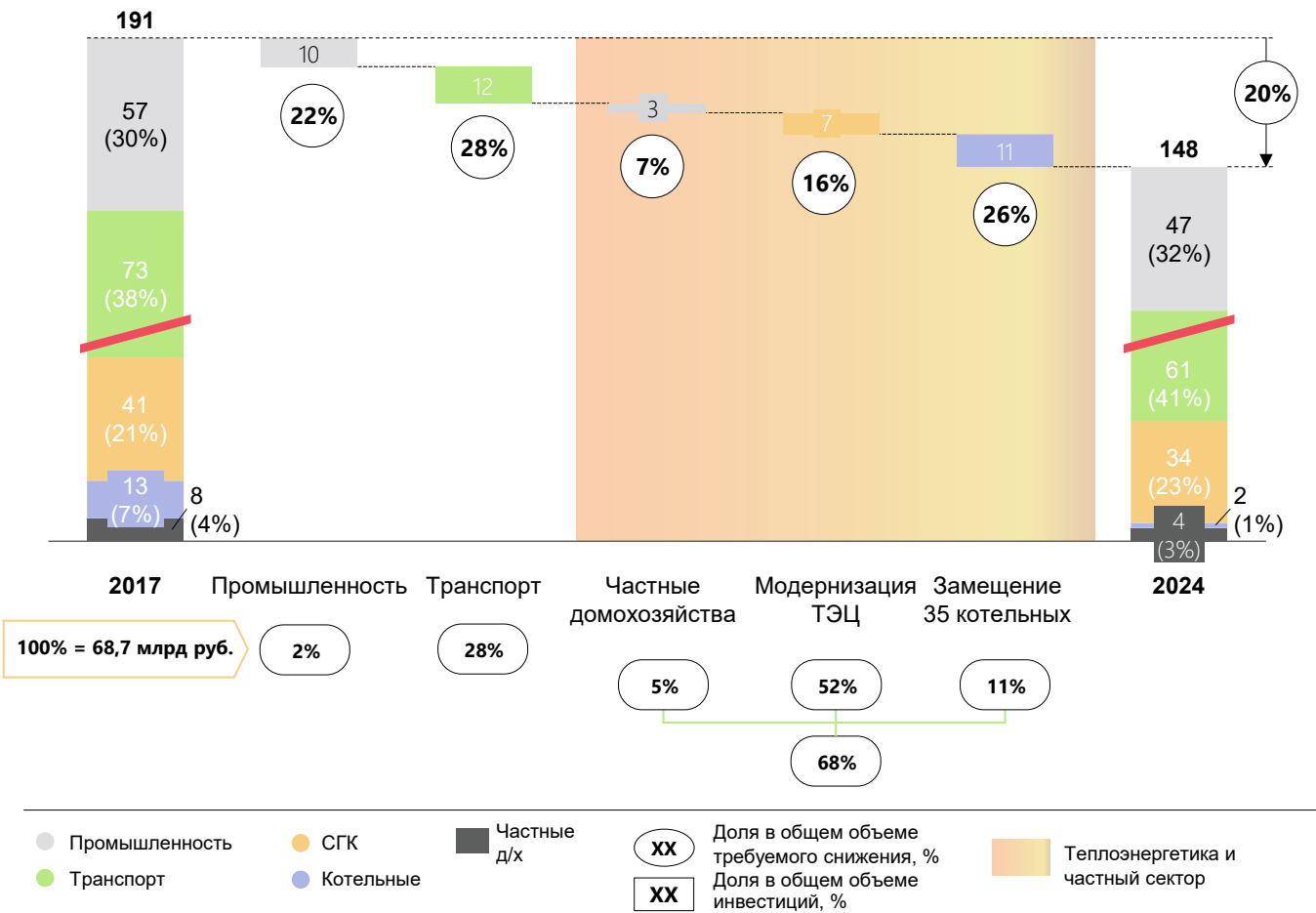


РИС. 5. Распределение планируемых сокращений выбросов ЗВ в атмосферный воздух г. Красноярска от различных источников и распределение инвестиций по секторам

В рамках проекта предусмотрено строительство нового энергоблока, включающего котлоагрегат паропроизводительностью 810 т/ч и турбину с генератором мощностью 185 МВт. При этом произойдет увеличение общих выбросов ЗВ на 7240 т/год.

- Замещение 35 малоэффективных угольных котельных с общей тепловой нагрузкой около

600 Гкал/ч с перераспределением нагрузки на ТЭЦ, что приведет к снижению выбросов ЗВ на 10 800 т/год.

Расчетные данные по эффективности внедрения мероприятий по замещению малоэффективных угольных котельных путем перераспределения нагрузки на модернизированные Красноярские ТЭЦ приведены в табл. 3.

Таблица 3. Расчетные данные по эффективности внедрения мероприятий

СГК	Рапола-гаемая тепловая мощность, Гкал/ч	Отпуск рас-четной тепловой энергии, тыс. Гкал	Удельный расход условного топлива на отпу-щенное тепло, кг/Гкал	Объем топлива, затрачен-ного на отпу-щенную тепловую энергию, тыс. т у. т.	Выработка электри-ческой энергии с учетом собствен-ных нужд, тыс. кВт·ч	Удельный расход топлива на отпущен-ную элек-трическую энергию, г/кВт·ч	Объем топлива, затраченного на выработан-ную элек-трическую энергию, тыс. т у. т.	Полный объем затра-ченного топлива, тыс. т у. т.	Выбросы ЗВ, тыс. т	Выбросы CO ₂ , тыс. т
ТЭЦ 1, 2 и 3										
2018 г.	3599	8375	167,35	1401,58	5 952 534	310,56	1848,65	3250,22	39,4	11 639,06
2024 г.	4184	10 205,56	167,35	1707,93	5 952 534	301,17	1792,70	3500,63	38,1	12 535,74
Котельные										
2018 г.	594,56	1830,56	176,75	323,56				323,56	10,8	1158,65
ВСЕГО										
2018 г.	4193,56	10 205,56	169,04	1725,13	5 952 534		1848,65	3573,78	50,2	12 797,71
2024 г.	4778,56	10 205,56	167,35	1707,93	5 952 534		1792,70	3500,63	38,1	12 535,74

Альтернативные подходы к методам снижения выбросов ЗВ и парниковых газов и повышения ресурсной эффективности энергетики города с применением НДТ ИТС 38, 48

Возмещение дефицита теплоснабжения при дальнейшем росте энергопотребления города возможно за счет утилизации сбросного тепла Красноярского алюминиевого завода с приме-нением подходов НДТ, что описано в статье [4].

Программа модернизации металлургических предприятий состоит из двух этапов. В первую очередь это внедрение нового типа укрытий электролизеров и двухступенчатой газоочистки (сухой и мокрой). Подобная газоочистка (в том

числе и от серы) не делается ни на одном алю-миниевом заводе в мире. В итоге объем валовых выбросов с 92 тыс. т в 2005 г. сократился до 56 тыс. т в 2014 г. Сегодня это число составляет уже около 50 тыс. т. Второй этап модернизации призван наи-более вредные компоненты выбросов сократить практически до нуля: в четыре раза фтористый водород, в пять раз — бенз(а)пирен. Суть в том, что углеродный анод заменяется полиметаллическим, а значит, полностью исключается выброс оксидов углерода. Сокращение «углеродного следа» — это

достижение в области охраны окружающей среды мирового уровня. Прямые и косвенные энергетиче-ские выбросы углерода на предприятиях металлур-гии уже составляют менее 4 тонн на тонну произ-веденного алюминия. Это в три раза меньше, чем в среднем в мире — как правило, значение «угле-родного следа» составляет около 12 т.

Однако наряду с этим интересна альтернатива перераспределению и созданию новых тепловых мощностей Красноярских ТЭЦ, направляемых не только на замещение 35 малоэффективных угольных котельных, подлежащих закрытию в соот-ветствии с актуализированным планом развития теплоснабжения города [9], но и на покрытие дополнительной потребности Красноярска в тепле, связанной с ростом населения города.

Как показано в статье [4], теоретически КраЗ имеет в своем активе большое количество сбросного тепла и может передать его на нужды теплоснабже-ния города в количестве около 12,6 млн ГДж (3 млн Гкал) в год [5]. Данная мера представляет инте-рес для КраЗ, так как она компенсирует эмиссию диоксида углерода, приближающуюся к 1,2–1,5 млн т СО₂-экв. в год [6], способствует укреплению репу-тации КраЗ как ответственного (более «зеленого») объекта и позволяет получить доступ к «зеленым» инвестициям.

В то же время для ТЭЦ стимулы принимать данное тепло и передавать далее конечным потребителям неочевидны. В первую очередь это может привести к тому, что ТЭЦ придется снизить выработку соб-ственного тепла, а условия договоренностей с КраЗ сегодня остаются неопределенными. При сокраще-нии генерации тепла на ТЭЦ снизится масса сжига-емого бурого угля, что повлечет за собой частичную

потерю доходов собственников месторождений от добычи и продажи угля. Вместе с тем снижение количества сжигаемого в целях получения тепло-вой энергии бурого угля выгодно для города, так как это будет способствовать сокращению выбро-сов ЗВ в атмосферный воздух. То есть налицо конфликт интересов: при применении НДТ глубо-кой очистки и утилизации теплоты уходящих газов КраЗа высказываются опасения, что это приведет к негативным социально-экономическим послед-ствиям: снижению выручки СГК, сокращению рабо-чих мест угледобывающих предприятий и т. п.

Анализ перспектив роста потребности города в тепле и развития тепловых сетей (см. рис. 3 и табл. 2) показывает несостоятельность таких утверждений. Потенциал сбросного тепла от КраЗа с возможностью использования на нужды теплоснабжения города (без применения теплона-сосных установок) оценивается в статье [4] при-мерно в 1000 МВт, что практически соответствует ожидаемому перспективному росту тепловой нагрузки в среднем около 70 МВт/год в ближайшие 15 лет, связанному с развитием Красноярска. То есть ни о каком вытеснении основных теплоснабжа-ющих предприятий города с этого рынка не идет и речи. Сегодня же актуализированным планом развития теплоснабжения города на перспективу до 2033 г. предполагается заместить возникающий дефицит задействованием не только выводимых в резерв старых малоэффективных котлов Крас-ноярской ТЭЦ-1, но и ранее выведенных в резерв малых угольных котельных со всеми негативными последствиями для экологии города.

В то же время применение современных электро-фильтров для очистки уходящих газов на Красно-ярской ТЭЦ-1 снижает содержание твердых частиц

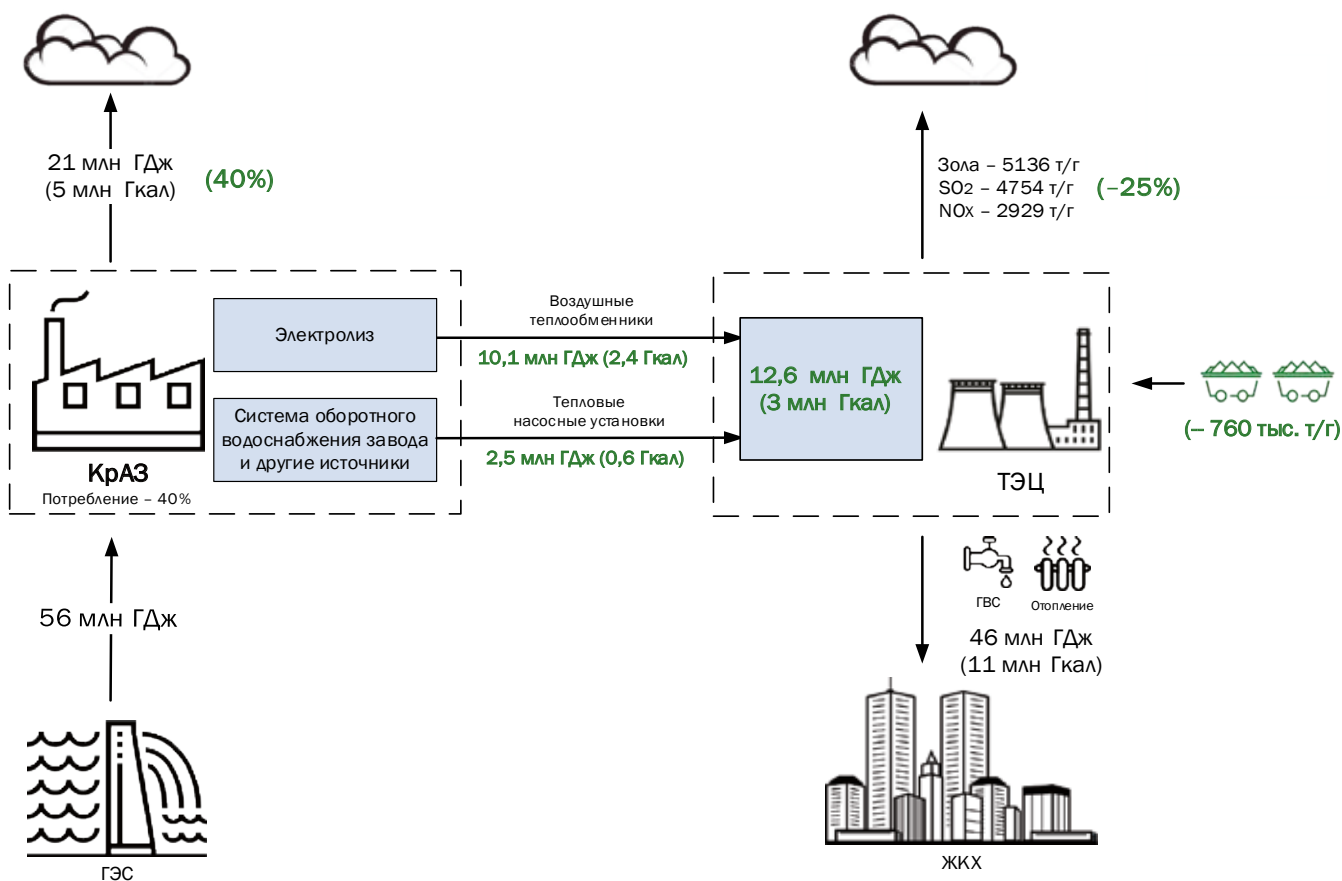


Рис. 6. Экологический эффект от использования сбросного тепла КрАЗа

в них с 600 мг/м³ до сравнительно низких 50 мг/м³ (данные СГК). Авторы [7], опираясь на успешный опыт ЕС, рекомендуют для достижения эффективности удаления золы из дымовых газов до 99,8–99,9% установку за электрофильтрами мокрой серочистки. В результате можно не только на порядок с расчетных 620 мг/м³ до 65 мг/м³ снизить выбросы SO_x, но и привести содержание золы в дымовых газах к предельно низкому на сегодня значению менее 20 мг/м³. Последнее делает возможным использование высокоэффективного, но чувствительного к серьезным загрязнениям теплоутилизационного оборудования (КТАНЫ, смесительные теплообменники) для глубокой утилизации теплоты уходящих дымовых газов.

Таким образом, применив комбинации решений из области НДТ (ИТС 38) со снижением выбросов двух маркерных ЗВ, получаем возможность на том же предприятии внедрить НДТ (ИТС 48), приводящую к существенному ресурсосберегающему эффекту.

Оценим целесообразность применения НДТ на примере глубокой утилизации теплоты уходящих газов на Красноярской ТЭЦ-1. Применение метода наиболее эффективно и экономически целесообразно в период пиковых нагрузок в зимние месяцы отопительного периода. Температурный режим, установленный в этот период для сетевой воды, направляемой на теплоснабжение города, как правило 130/70 °С. Температура точки росы уходящих газов для котлов,

работающих на буром угле Ирша-Бородинского месторождения, выше 90 °С вследствие высокого начального влагосодержания исходного топлива. При этом ресурсный потенциал уходящих дымовых газов определяется не только и не столько их температурой за теплогенерирующими установками ТЭЦ, а скрытой теплотой парообразования содержащихся в выбросах водяных паров. Именно высокий потенциал этих паров обеспечивает существенную разницу между высшей теплотой сгорания топлива и низшей, что для используемых на Красноярских ТЭЦ углей составляет 28,54 – 16,24 = 12,3 МДж/кг. С наибольшей эффективностью утилизировать разницу между высшей теплотой сгорания топлива и низшей в этой части отопительного периода можно, используя этот потенциал для подогрева обратной сетевой воды от 70 °С до 90 °С перед подачей в сетевые подогреватели. Что позволит уменьшить на треть расход подаваемого в РОУ острого пара на теплоснабжение и, соответственно, сократить использование в качестве пиковых (то есть вне режима когенерации) старых низкоэффективных теплогенерирующих мощностей ТЭЦ-1. Согласно данным [9], в таком режиме генерируется и отпускается до 50% тепла на нужды теплоснабжения города. Таким образом, утверждения некоторых специализированных институтов о том, что эффект от применения глубокой утилизации теплоты уходящих газов за энергетическими котлами крупных ТЭЦ нивелируется снижением эффективности самой когенерации за счет недоиспользования пара из отбора турбин, далеко не универсальны, что иллюстрирует вышеприведенный пример с Красноярской ТЭЦ-1.

Прямым эффектом от внедрения предлагаемого решения помимо существенного ресурсосбережения, то есть пропорционального (на треть) снижения удельного расхода топлива на единицу отпущенного тепла до рекордных для отрасли значений

менее 100 кг/Гкал, может стать еще большее снижение удельных выбросов всех маркерных ЗВ:

- ▶ твердых частиц, оксидов серы, оксидов азота более чем на треть не только за счет и пропорционально снижению расхода сжигаемого топлива и, соответственно, общего объема уходящих дымовых газов, но дополнительно и за счет частичного улавливания этих ЗВ в утилизационной установке;
- ▶ оксида углерода пропорционально снижению удельного расхода топлива;
- ▶ пропорциональное снижение парниковых выбросов.

Кроме того, существенное (до 90%) уменьшение содержания водяного пара в уходящих дымовых газах снижает, соответственно, угрозу дальнейшего туманообразования на выходе из дымовых труб и вероятность появления эффекта «черного неба».

Снижение общего количества твердых частиц пропорционально снижению расхода уходящих газов снизит нагрузку на дорогостоящие электрофильтры, тем самым увеличив их ресурсную эффективность и соответственно затраты на обслуживание.

По отношению к годовому выбросу ЗВ в масштабах всего города указанное сокращение составит не более 3–5%. Но для центральной части города, испытывающей именно в зимние месяцы максимальный дискомфорт и вредное воздействие, так как висящее облако сорбирует в себя практически весь спектр ЗВ и затем туманом осаждаёт в черте города, это сокращение составит до 40% всех загрязнений этого периода, включая туманообразование.

Внедрение глубокой утилизации теплоты уходящих газов на всех трех ТЭЦ Красноярска способно

дополнительно в отопительный период дать городу свыше 1000 МВт тепловой мощности, позволяя не только покрыть ожидаемый прирост к 2033 г. дополнительных потребностей городского хозяйства без дополнительного строительства тепловых генераций, но и вывести из эксплуатации большую часть малоэффективных угольных котельных (помимо 35 котельных, выводимых до 2024 г. в соответствии с актуализированным планом [9]).

Помимо пропорционального сокращения выбросов ЗВ в полном соответствии с приведенным выше примером модернизации ТЭЦ-1 вполне ожидаемым синергетическим эффектом может стать полное исчезновение такого вредоносного явления, как описанный в [4] эффект «черного неба», возникающий на пике отопительного периода, так как наиболее существенный вклад в образование этого облака и насыщение его своими выбросами с ЗВ вносят, по общему мнению, именно трубы малых угольных генераций (рис. 4).

Кроме того, необходимо отметить, что решением проблемы дополнительного снижения ЗВ в атмосфере будут являться:

- ▶ проведение газопровода в город;

- ▶ использование электробойлеров в частном секторе;
- ▶ переход в частном секторе с дров и угля на бурогольный полукокс в брикетах;
- ▶ использование тепловых насосов;
- ▶ использование рельефа местности и застройки;
- ▶ озеленение мегаполиса. «Зеленые» кампании регулярно проводят и крупные городские предприятия. К примеру, экомарафоны СГК, в которых участвуют красноярцы, уже стали традицией в городе. Волонтеры «Зеленой дружины» СГК несколько раз в год высаживают деревья, создавая новые парки и скверы. Всего по итогу 4 лет работы дружинники высадили 4,5 тыс. деревьев. Подобную работу проводят и предприятия металлургии. Акция «Сиреневый день» и конкурс «Зеленая волна» позволяют красноярцам реализовать свои идеи по озеленению и благоустройству локальных городских пространств — парков, скверов, аллей, бульваров, улиц, дворов и открытых площадок;
- ▶ изменение транспортной логистики в городе. Количество транспорта в Красноярске растет скоростными темпами и опережает рост транспортной логистики. Метрополитен мог бы стать одним из решений транспортной проблемы в Красноярске.

Таблица 4. Сравнительный (качественный) анализ эффективности предлагаемых решений

Мероприятие	Влияние на снижение выбросов ЗВ				Парниковые газы, CO ₂	Тумано-образование, H ₂ O	Ресурсо-сбережение	Доля в общем балансе	Суммарное воздействие
	ЗШ	SOx	NOx	CO					
1 Баллы	1–10				1–5				
2 Модернизация ТЭЦ-1	9	0	0	0	0	0	0	0,35	3,15
3 КрАЗ, сбросное тепло	9	9	9	9	5	1	5	0,1	4,07
4 Глубокая утилизация УГ на ТЭЦ	10	10	10	10	5	5	5	0,35	19,25

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Красноярском крае» за 2020 г. Официальный портал Красноярского края.
URL: <http://www.mpr.krskstate.ru/envir/page5849/0/id/50695>
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 г.».
http://mpr.krskstate.ru/dat/bin/art/45884_svodnij_doklad_2019.pdf
3. Федеральный проект «Чистый воздух». Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации.
URL: <http://www.mnr.gov.ru/>
4. Яковлева Е. Ю., Рудомазин В. В. Количественная оценка межотраслевых потоков загрязняющих воздух веществ в применении к региональной паре объектов, негативно воздействующих на окружающую среду. Оценка затрат на технические изменения, снижающие эмиссии // Региональная экология. 2019. №3 (57).
5. Суслов В. И., Данилов В. В., Поляков П. В., Мельников А. Ю., Хлебопрос Р. Г. Социально

значимые эколого-экономические проблемы Красноярска / Красноярский науч. центр СО РАН. 2017. 12 с.

6. Распоряжение Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 16 апреля 2015 г. №15-р «Об утверждении методических рекомендаций по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации».
7. Мешалкин В. П., Росляков П. В., Гусева Т. В., Дови В. Дж. Новые технологические показатели выбросов золы твердого топлива и диоксида серы для тепловых электростанций / Экология и промышленность России. 2021. Т. 25 №8. Стр. 40–47.
8. Яковлева Е. Ю. Экономическая оценка межотраслевых потоков природных ресурсов и загрязнений: дис. канд. экон. наук: 08.00.05 / Яковлева Екатерина Юрьевна — М., 2017. 169 с.
9. Актуализированная на 2019 г. схема теплоснабжения города Красноярска до 2033 г. URL: <http://www.admkrsk.ru/citytoday/municipal/energy/sezon1/Pages/shema2019.aspx>

